ఎస్. పవీలోవ్

చక్షువు, జగచ్చక్షువు

ఎస్. వవిలోవ్

చక్షువు, జగచ్చక్షువు

వెలుగు, సూర్యుడు, దృష్టి
వీటిని గురించి

"ప్రగతి" ప్రచురణాలయం
మాస్కో

అనువాదం: వుప్పల లక్ష్మణరావు.

సోవియట్ యూనియన్ విజ్ఞానశాస్త్ర పరిషత్తు మాజీ అధ్యక్షుడు ఎస్. ఐ. వవీలొవ్ దివంగతులైన అనంతరం పరిషత్తుచే ప్రచురణార్థం సిద్ధంచేయబడి ఆయన ''రచనావళి'' నాల్గవ సంపుటిలో పొందుపరుచబడిన పాఠానికిది అనువాదం.

ఆ యా చోట్ల వివరించిన ప్రకారం పాదవివరణలన్నీ ఆ సంపుటిని ప్రచురించిన సంపాదకవర్గానివి.

С. И. ВАВИЛОВ

ГЛАЗ И СОЛНЦЕ

На языке телугу

విషయసూచిక

ఉపోద్ఘాతం 5
వెలుగు 19
సూర్యుడు 58
కన్ను 94

ఉపోద్ఘాతం

Wär nicht das Auge sonnenhaft
Wie könnten wir das Licht erblicken?

(కర్మసాక్షికి అక్షి
కత్యంత సామ్యంబు
కాకున్న పొసగునే
కాంతి కానవచ్చుట మనకు?)

గ్యోతే

కంటికీ సూర్యునికీ సామ్యం చూపడం మానవాళి అవతరణనాటినుంచీ అనాదిగా వస్తూన్నదే. ఈ సామ్యము చూపడానికి మూలాధారం విజ్ఞానశాస్త్రం మాత్రం కాదు. మన రోజుల్లో కూడా ఆధునిక విజ్ఞానశాస్త్రం ఆవిష్కరించి వివరించిన దృగ్విషయ ప్రపంచంతో పాటు చిన్నపిల్లలూ అడవి మనుష్యులూ భావించే ప్రపంచమూ, కవులూ భావించి కల్పించుకునే మరో ప్రపంచం కూడా వుంటూ వస్తున్నాయి. ప్రయత్న పూర్వంగానో అప్రయత్నంగానో కవిసృష్టితమైన ఈ భావనా ప్రపంచం చిన్న పిల్లలచే, అడవి మనుష్యులచే భావించబడిన ప్రపంచాన్ని అనుకరిస్తూనే వుంటుంది. ఒక్కొక్కప్పుడు ఈ భావనా ప్రపంచం విజ్ఞానశాస్త్ర ప్రవచనాలకి మూలాధారంగా వుండే అవకాశం వుండొచ్చును కాబట్టి ఈ ప్రపంచం గురించి అప్పుడప్పుడు పరిశీలించి తెలుసుకోవడం ఎంతేనా అవసరం. అద్భుతంగానూ కథల్లో చెప్పినట్టూ వుంటుంది ఈ ప్రపంచం. వేర్వేరు ప్రాకృతిక దృగ్విషయాల మధ్య వుండే అగాధాలను సమన్వయ పరచడానికి ఈ భావనా ప్రపంచం కొన్ని లంకెలు ఏర్పరచింది. ఇలాంటి లంకెలు అంటూ వుండడం సంభవమే అనే అనుమానం కూడా తట్టదు విజ్ఞానశాస్త్రానికి. కొన్నికొన్ని సందర్భాల్లో ఈ లంకెలను భావనా ప్రపంచం సరిగానే ఊహించి పోల్చుకుంది. కొన్ని సందర్భాల్లో ఇవి శుద్ధతప్పులనీ కేవలం సత్యవిరుద్ధాలనీ తేలిపోయింది. అయినప్పటికీ సత్యాన్ని నిర్ధారణ చెయ్యడంలో యీ పొరపాట్లను గ్రహించడం మనకెంతేనా సహాయపడుతుంది కాబట్టి వీటిని పరిశీలించి తెలుసుకోవడం మనకి ఎప్పుడూ అవసరమే. ఈ హేతువును కంటికి సూర్యుడికి ఏమేనా సంబంధం వుందా అనే ప్రశ్నను మొదట చిన్నపిల్లలూ ఆదిమానవులూ కవులూ — వీరి భావనల దృష్ట్యా మనం పరిశీలిస్తే వీటిలో వున్న గూఢార్థం బయటపడుతుంది.

చిన్నపిల్లలు దాగుడుమూతలు ఆడుకొనేటప్పుడు దాగుకుందుకు నిశ్చయించుకోవడంలో చిత్రమైన విధంగా ఆలోచించుకొంటారు. వారు కళ్ళు గట్టిగా మూసేసుకొంటారు. లేక పోతే చేతులతో కళ్లని కప్పేసుకొంటారు. దాంతో తమ కళ్లకి అంతా చీకటే కాబట్టి ఇతరులు వారిని చూడలేరనే అనుకుంటారు. ఈ విధంగా దృష్టి, కాంతీ రెండూ ఒకటే అని నిర్ణ యించుకొంటారు.

• ఈ రీతిగా దృష్టి, కాంతీ రెండూ సమానం అనే స్వతస్సిద్ధంగా కలిగే తరుమారు చిన్న పిల్లలోనే కాకుండా పెద్దవాళ్లల్లో కూడా తరుచు సంభవిస్తూంటుంది. చాకుషశాస్త్రంతో దైనందిన సంబంధం వున్న ఫోటోగ్రాఫరులే ఏ మాత్రమూ వెల్తురు చొరబడికుండా వుండ వలసిన చీకటి గదుల్లో ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లని మార్చుతున్నప్పుడూ, ప్లేట్లని ద్రావణాలతో కడుగుతూన్నప్పుడూ చటక్కున కళ్ళు మూసుకుంటూంటారు. అకారణంగా కళ్ళు మూసు కుంటున్నామే అని వారంతటవారే ఆశ్చర్యపడుతూంటారు. మనం మాట్లాడుతూన్నప్పుడు మనం ఉపయోగించే మాటలనే మనం జాగ్రత్తగా వింటే ఈ చోద్యమైన చాకుషశాస్త్రం యొక్క జాడలు మన మాటల్లో కూడా కనబడతాయి. మనం ప్రత్యక్షంగా గమనించక పోయినా ''అతని కళ్ళు మెరిశాయి'' అనీ, ''సూర్యుడు తొంగిచూస్తున్నాడు'' అనీ, ''ఆకాశంలో నుండి నక్షత్రాలు వీక్షిస్తున్నాయి'' అనీ మనం అంటూంటాం.

ఆకాశంలో వెలుగుతూన్న సూర్యచంద్ర నక్షత్రాదులకు దృష్టిని ఆపాదించడమూ, మానవుల చకువులకు జ్యోతులకుండే లక్షణాలు ఆపాదించడమూ కవులకు సర్వసామాన్యమే కాకుండా ఒక విధంగా వారికది నిర్బంధమైన సంప్రదాయం అయిపోయిందని కూడా చెప్ప వచ్చు:

చీకటి రేతిరి తారలు ఆతని
నిషు రోక్తులు విసరు నయనాల వీక్షించి
ఎక్కసపు చూపుల వెన్నాడు నాతని.

నిప్పుల మెరపులు అతని కన్నులు.

పూష్కిన్

నీతో వీక్షించితిమి నక్షత్రాలను మేము
నక్షత్రాలు వీక్షించె మనలను.

ఫేత్

ఆకాశంలో ప్రకాశిస్తున్న తేజోబింబాల లక్షణాలయినటువంటిన్నీ చకురింద్రియ జ్ఞానా నికి తప్పనిసరిగా అవసరమయినటువంటిన్నీ కాంతికిరణాలను కంటిరెప్పలతో సరిపోలుస్తాడు కవి:

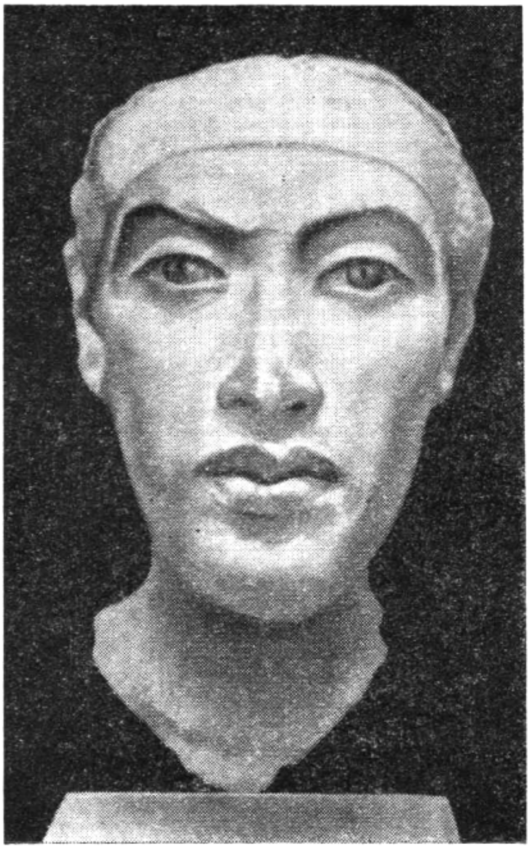
అంటాడు ఫేత్ కవీశ్వరుడు.

పురాతన కవుల గ్రంథాల్లోనుండీ సమకాలీన కవుల గ్రంథాల్లోనుండీ ఇలాటి ఉదాహరణలు ఎన్నేనా కనబడతాయి మనకి.

ఈజిప్టు ప్రజల పురాణాలలోనూ మంత్రాలలోనూ విగ్రహాలలోనూ కంటికీ సూర్యునికీ వున్న సంబంధం విడదీయరానిదీ, చిక్కైనదీ అని ప్రవచించారు.

ఆమన్-రా! నీ కనుదోయి సౌరు చూడ తరమా,

అని పూర్వకాలపు థీబిన్ (ఈజిప్టు) మంత్రం ప్రవచించడంలో ఆ దేవతాపురుషుని ఒక కన్ను సూర్యుడనీ ఒక కన్ను చంద్రుడనీ వర్ణించింది. ఆ మంత్రం కడమ పాదాల్లో వున్న దానిబట్టి చూస్తే కాంతీ దృష్టీ ఈ రెండు భావనలూ విడదీయడానికి వీలులేకుండా ఒక దానితో ఒకటి అల్లుకుపోయినట్టు కనబడుతుంది:



నాల్గవ ఆమెనొఫిస్, ప్రాచీన ఈజిప్ట్‌లో వాస్తవ సూర్యారాధన మత స్థాపకుడు (క్రీ.పూ. 1370)

నీ కుడి కన్ను మెరసిన నిముషాన
నీ ఎడమ కన్ను నిసిచీకటి తరిమికొట్టిన క్షణాన
కంటి దృష్టి కల్గె మానవాళికి.

ప్రాచీన మతచిహ్నం అయిన "సర్వమును వీక్షించు చక్షువు"ను చిత్రించడంలో ఆ కంటి చుట్టూ తేజో కిరణాలని చిత్రించేవారు (పటము 1). ఈ చిత్రంలో కన్ను చూస్తూంటుంది. అదే సమయంలో కన్ను ప్రకాశిస్తూంటుంది కూడా. చక్షువూ సూర్యుడూ, దృష్టీ కాంతీ అన్నీ ఒక చిత్రంలోనే మేళవించి వున్నాయి.

విజ్ఞానశాస్త్రావతరణకాలానికి పూర్వం వున్న, లేక విజ్ఞానశాస్త్రానికి బాహ్యమైన చాక్షుషశాస్త్రానికి ఈ "సిద్ధాంతం" ప్రాతిపదికగా వుంటూండేది. అయితే ఈ సిద్ధాంతమే కాకుండా మరొక సిద్ధాంతం కూడా వుంటూండేది.

కాంతి – అనగా వెల్తురు – "ఛేదించుకొని పోతూంది" అనీ, "కొడుతూంది" అనీ, "తోసుకొని పైకి వచ్చేస్తూంది" అనీ, "పొంగిపొరలుతూంది" అనీ మనం సాధారణంగా అంటూంటాం. విజ్ఞానశాస్త్రంలోనూ ఇంజినీరింగు శాస్త్రంలోనూ "దీప్తి ప్రవాహం" అనే సాంకేతిక పదం సర్వజనాంగీకారంతోనే వాడుకలోకి వచ్చేసింది. ఈ పదానికి శబ్దార్థం వెల్తురుయొక్క ప్రవాహం, లేక కాంతి ప్రసవంతి. కాంతిని ఒక ప్రవాహిగా వర్ణించడం కవిత్వానికి పరిపాటే అయిపోయింది:

ఆతని కిరణాల పసిడి
ఫేరావొ నాశికాపుటముల ప్రవహించు.
దినదినము నీ కిరణ ప్రసారము
నాపై వర్షింపగజేయుము,

అని ఘోషిస్తుంది ఈజిప్టు దేశస్థుల మంత్రం.

తనివితీర మరొకసారి నా కన్నులార
సంజీవి తేజమ్ము గ్రోలి దాహమ్ము తీర్చికొందు.

...మెరపుతీగెబోలి విరజిమ్ము కాంతి పుంజంబు

అంటాడు త్యూత్‌చెవ్ కవీశ్వరుడు.

మరియు సూర్యుడు దోసిళ్లతొ
వెదజల్లు నాపై తన వర్షమ్ము

అని పాడతాడు యెసేనిన్ కవీంద్రుడు.

కాంతి ఒక విధంగా శారీరకమైనదనే భావన అప్పుడప్పుడు స్పష్టమైన రూపాన్నే ధరిస్తుంది. ఈజిప్టురాజు నాల్గవ ఆమెనోఫిస్ (క్రీ.పూ. 1350) కాలంలోని శిల్పాల్లో సూర్యబింబం (సూర్యబింబానికి "ఆటొన్" అనేవారు) యొక్క కిరణాలను చేతివేళ్లలాగున చెక్కేవారు (పటము 2). రష్యనుభాషలో "కిరణము" అన్న మాటకి ("యాచ్") "కోల" అనే అర్థం కూడా వుంది. కాంతి స్థూల పదార్థరూపం వహిస్తుంది అనే ఈ విధమైన భావనే ఇటువంటి ఇతర రూపాలను ధరించి మన సహజజ్ఞాన చేష్టలలో అప్పుడప్పుడు ద్యోతకం అవుతూంటుంది. తన జీవితస్మృతులను వివరిస్తూ గోర్కీ "ఒకనాడు నేను ఎ. చెహొవ్ ఇంటికి వెళ్ళగా అతను తోటలో నిలబడి సూర్యకిరణాలను తన టోపీతో పట్టి టోపీతో కూడా వాటిని తన నెత్తిమీద పెట్టుకోవడానికి చేసే వ్యర్థప్రయత్నం నా కంటబడింది" అని చెబుతాడు. ఆటొన్ సూర్యబింబంయొక్క కిరణాలన్నీ చేతులే అని అనుకొనే భావన ఎంత విడ్డూరంగా వుందో సూర్యకిరణాలని టోపీతో పట్టుకోవడం కూడా అంత విడ్డూరంగానే వుంది.

పసిపిల్లలకూ ఆదిమానవులకూ పెద్దవాళ్లమైన మనకూ కూడా ప్రకృతి సిద్ధంగా కలిగే ఊహాచిత్రాల్లోనూ కాంతిని తప్పనిసరిగా ఒకవిధమైన చలిత వస్తువుగానూ ప్రవాహరూపంగానూ ఊహించుకోవడం చూస్తే ఈ భావనలలో అయత్నకృతంగా అంతర్భూతమై వున్న భౌతికవాదపు పునాదులకి ఇదొక ప్రత్యక్ష నిదర్శనం అనే తప్పకుండా తోస్తుంది. అయినప్పటికీ కాంతీ దృష్టీ, ఈ రెండూ ఒకటే అని అనుకోవడానికి బాహ్యప్రపంచానికీ మన సొంత భావనలకీ ఉండే తేడాలను ఆదిమానవుడిలాగే మనం కూడా తెలుసుకోలేక, తత్ఫలితంగా రెండూ ఒకటే అని తబ్బిబ్బు పడడమే ఇందుకు కారణం అనడంలో ఏ మాత్రమూ సందేహంలేదు. పసిపిల్లల్లోనూ అడవి మనుష్యులలోనూ స్పష్టంగా కనబడే ఈ భ్రమ పెద్దవాళ్లల్లోనూ నాగరికులలోనూ కూడా వారు "ఉపబుద్ధి" అవస్థలో వున్నప్పుడు ఇంకా కొంత వరకు నిల్చి వుంది. బాహ్యప్రపంచానికీ స్వకీయగతాత్మక భావాలకీ వుండే స్పష్టమైన భేదమే భౌతికశాస్త్ర విజయానికి ప్రధానంగా కారణభూతమైంది.

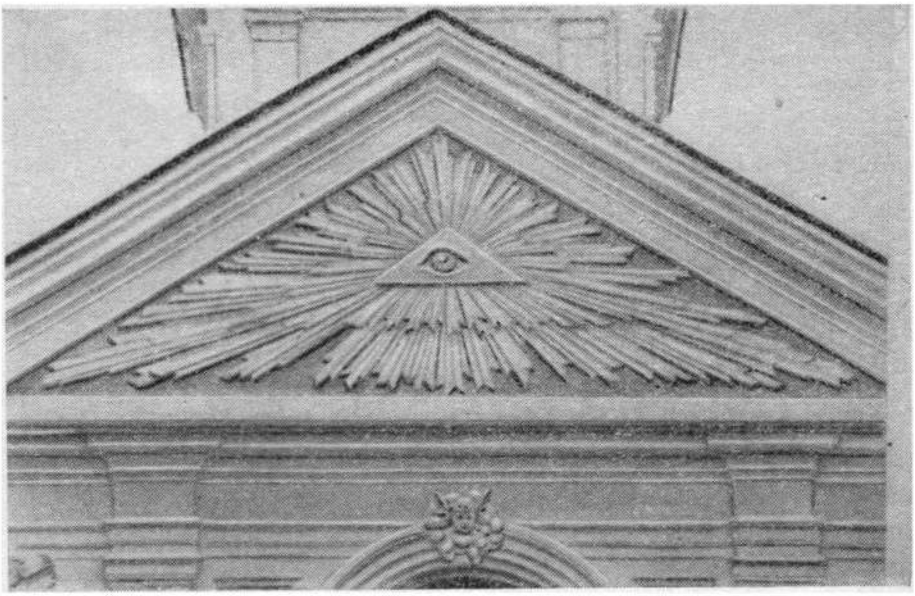
అది రావలసిన కాలానికి చైతన్యావస్థ సహజంగా ఎలాగ వచ్చితీరుతుంది. అది రాగానే మాత్రం బాల్యావస్థకి కవిత్వానికి వ్యతిరేకంగా కనబడే "చాక్షుషశాస్త్రపు" నాజూకు అల్లిబిల్లి అల్లికలనన్నింటినీ అది పటాపంచలు చేసేస్తుంది. తన అనుభూతులకీ బాహ్యప్రపంచానికీ వుండే వ్యత్యాసాన్ని పసిపిల్లడు రానురాను మరింత స్పష్టంగా తెలుసుకుంటాడు. కలలకీ వాస్తవానికి మధ్యవుండే భేదం భ్రాంతివల్ల కలిగే భావనలకీ వాస్తవికాంశాలకీ వుండే వ్యత్యాసం అంతకంతకు స్పష్టంగా గ్రహించుతాడు. కళ్లలోనుండి "నిప్పుల మెరపులు" రావని పూష్కిన్‌కి తెలియదనా? అతనికి తప్పకుండా తెలుసు. నక్షత్రాలు "వీక్షించ" లేవని ఫేత్

కవీశ్వరుడికీ తెలుసు. సూర్యకిరణాన్ని పట్టుకోలేమని ఇతరులు నచ్చచెప్పనవసరంలేకుండా చేహోవ్‌కి తెలుసు.

అయినప్పటికీ ఈనాటికి కూడా బాల్యావస్థలో వుండే భావనలే కవికి ఎంతో ఆకర్ష ణీయంగా వుంటూ ఊహాప్రపంచాన్ని అందుకోడానికి అత్యంత సులభసాధ్యమైన మార్గంగానూ అత్యంత సుందరమైన మార్గంగానూ వుంటూన్నాయి. ఈ హేతువునే కవిత్వంలోనైతేనేమి దైనందిన జీవితంలోనైతేనేమి "పసిపిల్లలూ కవులూ నిర్మించిన చాక్షుషశాస్త్రం" భవిష్య త్తులో చాలా కాలంవరకూ బహుశా అలా నిలబడే వుంటుంది. వెనకటి కాలంలో ఈ రకం చాక్షుషశాస్త్రం భౌతికశాస్త్రంమీద నిస్సందేహంగా కొంతవరకూ తన ప్రభావాన్ని చూపించినా, మన కాలంలో మాత్రం చైతన్యావస్థతోపాటూ భౌతికశాస్త్రంతోపాటూ అది మనుతూన్నప్పటికీ, వాటితో ఐక్యం కలుగజేసుకోకుండానే మసలుతూంది.

ఈ సందర్భంలో తేజశ్శాస్త్ర చరిత్రను అధ్యయనం చేయడంవల్ల ఎన్ని అయినా చక్కని గుణపాఠాలని మనం నేర్చుకోగలం. "పసిపిల్లలూ కవులూ నిర్మించిన చాక్షుషశాస్త్రాన్ని" అభ్యుదయకరంగా పురోగమిస్తూన్న చైతన్య జ్ఞాన పరిధుల్లోకి తీసుకొని పోయే ప్రయత్నంతో తేజశ్శాస్త్ర చరిత్ర మొదలయింది. దృష్టి కాంతీ ఈ రెండూ ఒకటే అనే ప్రతిపాదన, కాంతికీ పదార్థసహితమయిన మూర్తిత్వం వుంది అనే ప్రతిపాదన, ఈ రెండు "మూల సిద్ధాంతాలూ" ప్రాచీన గ్రీసుదేశపు కాంతిశాస్త్రానికి ప్రాతిపదికలుగా ఏర్పడి ఇంచుమించు క్రీ.శ. 17 వ శతాబ్దివరకూ అనేక రూపాంతరాల్లో నిలబడగలిగింది.

ప్రకృతిశాస్త్రంమీద సంభాషణ రూపంలో ప్లేటో రచించిన "టిమేయున్" అనే సుప్ర సిద్ధ గ్రంథంలో ఈ విధంగా రాస్తాడు: "దేవతలు సృష్టించిన అంగాలలో తేజస్సునిచ్చేటట్టు కళ్లను మొదట నిర్మించారు; శరీరంలో వాటిని ఈ కింది విధంగా ఉంచారు: దగ్ధం చేయ కుండా సాత్విక తేజస్సును ఇచ్చేంతవరకు అగ్నిని తగ్గించేసి నిత్యజీవిత తేజస్సును పోలినట్టుగా వారు రూపొందించారు. ఈ తేజస్సుకి సంబంధించినదీ మనలో అంతర్భూతంగా వున్నటు వంటిదీ అయిన నిర్మలమైన అగ్నిని మన కళ్లలోనుండి సాంద్రతకలిగి మృదువైన ప్రవంతి రూపంలో ప్రవహించేలాగునా, స్థూలపదార్థాన్నంతటినీ వెనక్కి వుంచేసి స్వచ్ఛమైన ఈ పదార్థం ఒక్కటే బయటికి ప్రవహించడానికి వీలుగా వుండేలాగునా, కంటినంతటినీ అందు లోనూ ప్రధానంగా మధ్యభాగాన్ని ముద్దగా నొక్కి పిడచగా చేశారు. పట్టపగటి వెల్తురు ఈ దృష్టి ప్రవాహంతో పరివేష్టించేసరికి ఒక పదార్థంపైన తత్తుల్యమైన రెండవ పదార్థం పడి రెండూ మిళితమై శరీరంలో అంతర్గతంగా వున్న తేజస్సు బాహ్యమందున్న వస్తువును తాకిన అన్నిచోట్లా వెంటనే రెంటికీ వున్న సహజ సంబంధం కారణంగా దృష్టి సమరేఖలో ఒకే ఒక వస్తువుకింద ఏర్పడతాయి. సారూప్య ప్రభావ ఫలితంగా దృష్టిప్రవాహం అంతా



1 వ పటం. పూష్కిన్ నగరంలో లైసియమ్ చర్చి ముఖద్వార త్రిభుజఖండున్న "సర్వమును వీక్షించు చక్షువు"యొక్క శిల్పచిత్రం.

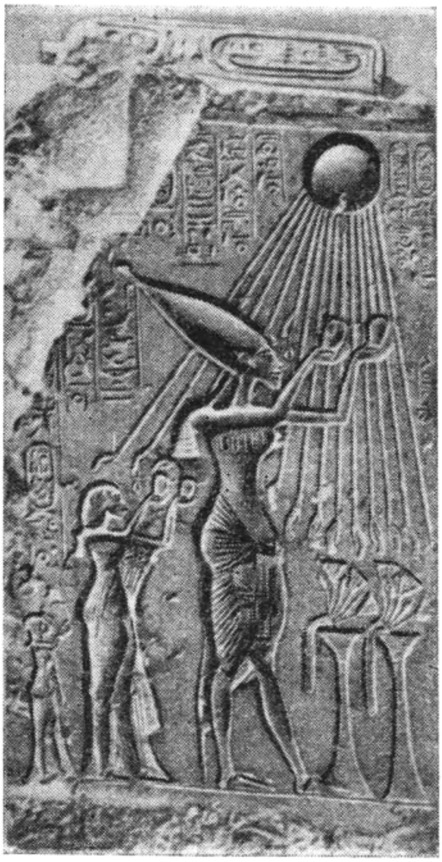
కూడా అది తాకిన వస్తువులయొక్క చలనములనూ దానిని తాకిన వస్తువులయొక్క చలనములనూ శరీరం అంతటా విస్తరింపజేసి చివరికి ఈ చలనములు ఆత్మను కలుసుకుని తద్వారా దృష్టి అనే అనుభూతిని కలుగజేస్తాయి. రాత్రిసమయం అయేటప్పటికి మాత్రం మనలో వున్న అగ్నిలాంటి బాహ్య అగ్ని, నిష్క్రమించడంవల్ల దృష్టి ప్రవాహం ఆగిపోతుంది. అన్య స్వభావం కలిగిన పదార్థాన్ని అది తాకినప్పుడు దాని చుట్టూ వున్న వాతావరణంలో అగ్నిలేమిచేత రెండిటి స్వభావాలూ వేరు అయిపోవడం ఫలితంగా అది మార్పును చెంది ఆరిపోతుంది." ఈ విధంగా ప్లేటో ఉద్దేశం ప్రకారం కళ్లలో వున్న చల్లని అగ్ని సూర్యునిలో వున్న ప్రచండప్రళయాగ్నికీ రాత్రిపూట కనురెప్పవాల్పు సూర్యాస్తమయానికీ సారూప్యం ఏర్పడుతూంది.

కంటిచే ప్రసరితమయే కిరణాల కారణంగానే దృష్టి కలుగుతూందీ అనే ఊహవల్ల ప్రవచించిన దృష్టి కిరణ సిద్ధాంతాన్ని అరిస్టో దేశస్థుడైన డమియనోస్ (క్రీ.శ. 4 వ శతాబ్ది) ఈ కింది విధంగా సమర్థించడానికి ప్రయత్నించాడు. కడమ అన్ని జ్ఞానేంద్రియాలవలె కాకుండా, కన్ను బోలుగా లేదు. ఇవి వుండడంచేతనే కడమ జ్ఞానేంద్రియాలకి జ్ఞానానుభూతి కలగడానికి అవకాశం వుంది. ఈ విధంగా కంటికి సూక్ష్మరంధ్రాలు లేకపోవడమూ దానికితోడు

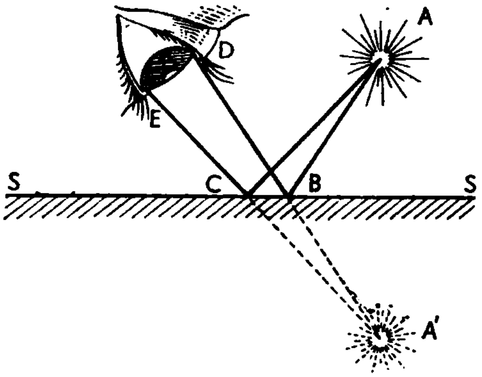
గోళాకారంగా వుండడమూ పట్టి కాంతికిరణాలు మనలోనుంచే ఉద్గమిస్తున్నాయన్న విషయం నిర్ధారణ అవుతూందని డమియనోస్ అభిప్రాయపడ్డాడు. కంట్లోనుండి ప్రసారమయే కిరణాలు కాంతి కిరణాలేనన్న సంగతిని కంటినుండి వెలువడే కాంతి జ్వాలలే స్పష్టపరుస్తున్నాయి అనీ, రాత్రిపూట సంచరించే జంతువుల కళ్లు చీకట్లో తళుకుతళుకుమని ప్రకాశించడం ఇందుకు తార్కాణమనీ కూడా డమియనోస్ అభిప్రాయాన్ని వెలిబుచ్చాడు.

ఈ ఉద్గమన సిద్ధాంతాన్ని ప్రాతిపదికగా తీసుకొని యూక్లిడ్, టోలెమీ మొదలయిన ప్రాచీన కాలపు గణిత శాస్త్రజ్ఞులు సమతల, వర్తులతల దర్పణముల కాంతి పరావర్తన సిద్ధాంతాన్నొకదానిని ప్రతిపాదించారు. ఈ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించడంద్వారా నేటికి కూడా తన ప్రాముఖ్యతను నిల్పుకొనివున్న జామితీయ చాక్షుషశాస్త్రానికి పునాదులను ఏర్పరచారు.

రేఖాగణితంమీదనూ ఖగోళశాస్త్రంమీదనూ అజరామరములైన ఉద్గ్రంథాలను రచించిన ఆ యూక్లిడ్, టోలెమీలచేతనే ప్రస్తావించబడి ఈనాడు మనకి స్పష్టంగా శుద్ధ అసందర్భంగా అగుపిస్తూన్న ప్రసార సిద్ధాంతాన్ని ఆ కాలపు పరిస్థితులనుబట్టి ఆలోచించితే,



2 వ పటం. ఎల్ అమర్నలో కనుగొనబడిన వాస్తవ సూర్యారాధనయొక్క ఈజిప్టు దేశపు ప్రతిమ. నాల్గవ ఆమెనోఫిస్ కాలం.



3 వ పటం. దర్పణములో ఒక ప్రకాశిత బింబంయొక్క పరావర్తనను అవేక్షించుట.

రేఖాగణితంలోనూ ఖగోళశాస్త్రంలోనూ యాంత్రికశాస్త్రంలోనూ ఇంకా తదితర శాస్త్రాల్లోనూ గ్రీసుదేశపు విజ్ఞానశాస్త్రం అందుకొన్న అద్భుతమైన ఉన్నతస్థాయితో సమన్వయ పరచడానికి ఏవిధంగా వీలుపడుతుందా అనే అనుమానం మనకి సహజంగా తట్టుతుంది.

చారిత్రక పర్యాలోచనా దృష్టిని మనం అప్పుడప్పుడు మర్చిపోతూండడంవల్లనే మనకీ లాంటి గందరగోళం కలుగుతూంటుంది. వస్తువుల బింబాలను ఏవిధంగా వివరించి చెప్పడం అనేది ప్రాచీన చాక్షుషశాస్త్రజ్ఞులకి ప్రధాన సమస్యగానూ అతిక్లిష్టమైన సమస్యగానూ ఏర్పడింది. కేవలం దృష్టి విధానంవల్లనూ రేఖాచిత్ర వర్ణచిత్రాలవల్లనే తప్ప మరొక విధంగా బింబాలను తెలుసుకోవడానికి ఆరోజుల్లో వారికి అవకాశం లేకపోయింది. ఇవి మినహా మరే ఇతర విధానాలూ లేవు ఆరోజుల్లో. సరళాతిసరళమైన కామెరా అబ్స్క్యూరా* గురించే తెలియదు ఆరోజుల్లో. కటకములూ, నతోదర దర్పణములూ ఉపయోగించి ఎటువంటి వస్తువ యొక్క ఉపరితలంపైనైనాసరే బింబాలను గ్రహించవచ్చును అనే సంగతి లీలామాత్రంగానైనా వారికి ఆనాడు తట్టలేదు. దీనికితోడు కంటియొక్క నిర్మాణం కూడా వారికి అంత స్పష్టంగా తెలియదు: కంటిలో వున్న స్ఫటికకటకంద్వారా అక్షిపటలంమీద బింబాలు ఏర్పడుతాయి అన్న విషయం వారికి బొత్తిగా తెలియదు.

అలాంటి సందర్భాల్లో దృష్టి, అనగా తన పరిసరాల్లో వున్న వస్తువులయొక్క బింబాలు మనిషి మెదడులో ఏర్పడుతాయనే దృగ్విషయం, వారికి ఒక పొడుపుకథలా వుండి వారిని చాలా చిక్కుపెడుతూండేది. కీటకాలకి వున్న స్పర్శాంగాలైన మీసాలు ఎలాగైతే పనిచేస్తాయో ఆ

---

* కామెరా అబ్స్క్యూరా అంటే అర్థతః చీకటి పెట్టె, అనగా కెమేరా — అనువాదకుడు.

విధంగానే దృష్టికిరణాలు కూడా పనిచేస్తాయి అనే భావనే ఈ సమస్యకి సులువైన సమాధానం అని వారికి తోచింది.

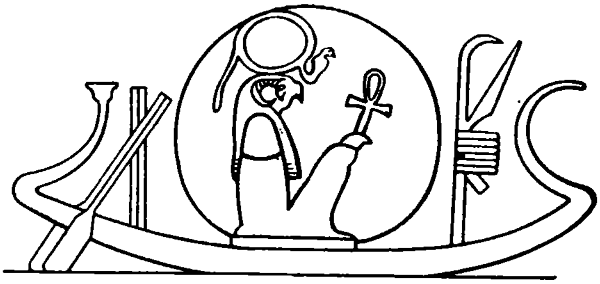
పూర్వకాలపు చాక్షుషశాస్త్రజ్ఞుని స్థానంలో మనం ఉన్నామనుకొని SS అనే సమతల దర్పణంలో A అనే దీప్తి బిందువుయొక్క బింబం ఎలా ఏర్పడినదీ అనే ప్రశ్నను పరిశీలించుదాం (పటము 3). సరళ రేఖలలో తేజస్సు ప్రసరిస్తుందన్న విషయం పూర్వులకు తెలుసు. పరావర్తన నియమాలను కూడా వారెరుగుదురు. మనకిప్పుడు తెలిసినట్టే A నుండి కాంతి ఉద్గమిస్తూందని వారు కూడా ఊహించి వుండినట్టయితే, సరళ రేఖావర్తనాన్నీ పరావర్తన సూత్రాలనూ ఆధారం చేసుకొని ABD అనే కిరణాన్నీ ACE అనే కిరణాన్నీ గీసివుండేవారు. కాంతి కిరణాలు DE అనే చోట్ల కంటిమీద పడతాయి అని కూడా వారు కనుగొని వుండేవారు. కాని దీని తరువాత ఆ కిరణాల గతి ఏమిటవుతూందీ అనే విషయం వారికి తెలిసేదే కాదు. అంతేకాకుండా ఆ కిరణాలు కంటి దగ్గరకొచ్చేటప్పుడు కలుసుకోవడం బదులు, పటంలో వున్నట్టు, విడిపోతూండడం హేతువను, దర్పణంలో A' అనే చోట బింబం ఏలా ఏర్పడుతూందో వాళ్లకి అసలు అర్థమే అయేది కాదు. చూడడానికి దుర్ఘటంగా కనబడే ఈ చిక్కును దాటడానికి ప్రయత్నం చేయడంలో చిన్నపిల్లలలోను అడవి మనుష్యులలోనూ ఉండే ఆదిమ భావనలనే ఆధారం చేసుకొని ప్రతిపాదించిన దృష్టికిరణ భావనను వారు ఉపయోగించుకొన్నారు. ఆ భావననే మనమూ అనుసరించాము అనుకొందాం. దాని ప్రకారం బింబాన్ని సృష్టించే కిరణాలు దీప్తి బిందువునుండి కంటిమీదకి ప్రసరించడంబదులు అటునుంచి ఇటు ప్రసరిస్తున్నాయనీ, కన్ను తన నుండి ఉద్గమింపజేసే దృష్టికిరణాల మొదటి దిశను ఏదో ఒక విధంగా గ్రహించగలుగుతూంది అనే అనుకొందాం. ఈ సందర్భంలో మనం తీసుకుంటూన్న సమతల దర్పణ పరావర్తన ఉదాహరణలో (పటము 3), ఈ కిరణాలు కాంతి కిరణాల మాదిరిగానే, దర్పణంనుండి C నుండీ B నుండీ పరావర్తితమవుతూ, "ఉత్పత్తి స్థానం" A వద్ద కలుసుకుంటున్నాయి. పూర్వులు అనుకొన్నట్టూ కంటినుండి ఉద్గమించే ఈ కిరణాలయొక్క మొదటి దిశను ఏదో ఒక విధంగా కన్ను మెదడుకు "సంజ్ఞలవల్ల తెలియజేసిందనే" అనుకొన్నప్పటికీ ఈ కిరణ ప్రక్షేపాలు ప్రతిచ్ఛేదన బిందువు దగ్గర, అనగా A' అనే కాల్పనికమైన స్థానం దగ్గర అవి కలుసుకుంటూన్నట్టు మనకు కనపడుతూనే వుంది. ఈ వివరణలో వుండే ఉపయోగం ఏమిటంటే కంటిలోపల వెలుతురుకి ఏమి గతిపట్టుతూందీ అనే విషయంతో మనకేమీ నిమిత్తంలేదు. ఇంతకు ముందే చెప్పినట్టు కంటిద్వారా ఏదో ఒక విధంగా సంజ్ఞలవల్ల ఈ కిరణాలు అసలు ఏ దిశలో ప్రసరిస్తున్నాయో ఆ దిశమాత్రం తెలిసిపోతుంది అని ఊహించుకుంటే అంత మాత్రంతో సరిపోతుంది. మిథ్యాబింబం మెదడులో ఏర్పడుతూంది. ఈ దృష్టికిరణ భావన ఎంత ఊహాకల్పితంగా వున్నప్పటికినీ దర్పణాలతో

బింబాలు ఏర్పడే విధం గురించి సరియైన సిద్ధాంతాన్ని అభివృద్ధి పరచడానికి ఇది అవకాశం ఇచ్చిన హేతువును, ఇది నిస్సందేహంగా ఉపయోగకారిగా వుండడమేకాకుండా ఆ కాలానికది అభ్యుదయకరంగానే పరిణమించిందనీ, ఈ కారణంచేతనే చాలా కాలంవరకూ నిలవగలిగిందనీ చెప్పాలి. ఇటీవల 17 వ శతాబ్ది ఆరంభంలో కూడా గలీలియో అప్పుడప్పుడు ఈ సిద్ధాంతాన్ని చేపట్టుతూండేవాడు.

పురాతన కాలంలో దృష్టికిరణ సిద్ధాంతానికి వ్యతిరేకంగా అంతకంటే విచిత్రమైన మరోసిద్ధాంతాన్ని ఎపిక్యూరస్, లుక్రీషియస్ ఇద్దరూ లేవదీశారు. వస్తువుల బింబాలు ''పలు చని పొర రూపం కలిగి'' అన్ని దిశల్లోనూ అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రవహిస్తూంటాయనీ ఇవి కంటి మీద పడుతూంటాయనీ ఈ సిద్ధాంతం. ప్రకాశితమూ దీపితమూ అయిన వస్తువులు పలుచని పొరలను అవిచ్ఛిన్నంగా ఉద్గమించుతూ వుంటాయనిన్నీ ఈ పొరలు ఏ యే వస్తువుల నుండి ఉద్గమిస్తున్నాయో ఆ యా వస్తువుల రూపురేఖలనూ వాటి విశిష్టతలనూ యథాతథంగా ప్రదర్శిస్తూంటాయనీ ఎపిక్యూరస్ అంటాడు. పరిపూర్ణమైన ఈ ముద్రలు కంటిని తాకడంవల్ల చాక్షుషబింబాలు ఏర్పడుతున్నాయని ప్రాచీన పరమాణువాదుల అభిప్రాయం. ఈ సిద్ధాంతం, ఒక విధంగా చెప్పాలంటే ''పరిస్థితిని రక్షించింది,'' కాని అది పూర్తిగా గుణాత్మకమైన భావన తప్ప మరొకటేమీ కాదు. అందుచేత యూక్లిడ్, టోలమీ జామితీయ చాక్షుషశాస్త్రమే పరిమాణాత్మకమైనదనిన్నీ మరింత పరిణతి చెందినదనిన్నీ గ్రహించాల్సి వుంది.

దృష్టికిరణ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించడంలో పురాతన చాక్షుషశాస్త్రజ్ఞులు గొప్ప పొరపాటు చేశారని చెప్పడానికి కాకుండా, అప్పట్లో పొరపాట్లు చేయడానికుండే అవకాశాలలో చిన్న పొరపాటే చేశారని చూపడానికే ఇంత విపులంగా దృష్టికిరణ సిద్ధాంతం గురించి ప్రస్తావించాం.

సూర్యుడూ కన్నూ రెండూ అన్నదమ్ములనీ, ఒకే అగ్నిద్రవ్యంయొక్క మూర్తిమంతా లనీ, ఒకటి ప్రళయస్వభావాన్ని, రెండవది సాత్విక స్వభావాన్ని కలిగి వుందనీ, కాంతిని ఉద్గమించడం అంటే చూడడమే అనీ, చూడడమూ అంటే కాంతిని ఉద్గమనం చేయడమేననీ, అనేక శతాబ్దాలనుండి తరతరాలుగా బోధిస్తూ వచ్చారు. విశ్వానికంతటికీ పృథ్వే కేంద్రమనీ పృథ్వికంతటికీ మానవుడే కేంద్రమనీ ప్రాచీనులు నమ్మారు. కవిత్వంయొక్క ఊహాగానానికీ శాస్త్రానికీ మధ్య నిర్దిష్టమైన పరిధి అంటూ వుండేదే కాదు. ఉన్నా, అస్పష్టంగానూ లీలామాత్రంగానూ వుండేది. కవిత్వానికీ శాస్త్రానికీ సమన్వయం కుదిర్చే ప్రయత్నంలో శాస్త్రంలోకి కవితాకల్పనను చొప్పించేవారు. కాని ఈ ఐక్యత ఏనాడూ కూడా స్థిరంగా నిలబడి వుండలేదు.



4వ పటం. నావలోవున్న ఒక దైవముగా సూర్యుని చూపుతూన్న ఈజిప్టుదేశపు చిత్రం.

అప్పుడప్పుడు మాత్రం ఈ రెంటికీ సంబంధం ఇటునుంచి అటుండేది: చైతన్యమూ ప్రత్యక్షశాస్త్రపు బీజాలూ పురాణాల్లోకీ మతంలోకీ దూరేవి. పురాతన ఈజిప్టుదేశపు మతం సూర్యారాధన. సూర్యునికీ భూమికీ, వెల్తురుకీ కంటికీ వున్న అసమానమే ఈ మతంలో దేవునికీ మానవమాత్రునికీ వున్న సంబంధంగా పరిణమించింది. ఈ దేవుడే ఒక్కొక్క సమయంలో బైరిడేగ రూపంలో వున్నట్టూ, ఒక్కొక్కప్పుడు బైరిడేగ తలనూ, సూర్యబింబాన్నీ శిరస్సుగా కలిగినట్టి మనిషి, పడవమీద ఆకాశంలో విహరిస్తున్నట్టూ ఊహించుకునేవారు (పటము 4):

ఆమన్-రా — బైరిడేగ దైవము,
తళుక్కులు మెరసే తూలికా
పక్షముల విప్పిన వెంటనె
విశ్వమునంతను కౌగలించును —

అంటూ సూర్యుడిని చిత్రించింది పురాతన థీబిన్‌దేశపు మంత్రం.

ఇలాగున ఉంటూండగా క్రీ.పూ. 14 శతాబ్దిలో ఈజిప్టుదేశీయుల ప్రపంచావలోకనంలో గణనీయమైన మార్పు సంభవించింది. ఈ మార్పుకు ఈజిప్టుదేశపు ఖగోళశాస్త్రజ్ఞుల అవేక్షణలూ వారి చింతనా ప్రధాన కారణమని మనకి సహజంగానే తట్టుతుంది. ఆ ఖగోళశాస్త్రజ్ఞుల పేర్లు మాత్రం చరిత్రలో ఎక్కడా కనబడడం లేదు. అధికారరీత్యా రాతిపై చెక్కబడిన గూఢలిపి శాసనాల్లో మాత్రం సూర్యుని గురించి ఈజిప్టుదేశంలో జరిగిన ఈ భావ విప్లవానికీ ఫారావోకీ సంబంధం వున్నట్టు సూచనలున్నాయి. ఈ విధంగా ఫారావో నాల్గవ ఆమెనొఫిన్ రాజు ఈజిప్టుదేశపు కొపర్నికస్‌గా రూపొందాడు. ఇతని రాజ్య కాలంలో కొత్త పూజావిధానం ఒకటి తల ఎత్తింది. ఈ పద్ధతి ప్రకారం ఏ బైరిడేగ రూపంలోనో ఏ కుమ్మరిపురుగు రూపంలోనో సూర్యుడిని పూజించడం ~యి, అచ్చంగా నిజమైన సూర్యు

డినే, కంటికి కనబడుతూ కంతికిరణాలని ప్రజ్వలిస్తూన్న సూర్యబింబాన్నే ఆరాధించడం ఈ పూజలో వున్న విశిష్టత. ఫారావో ఆమెనోఫిస్ (అనగా "అమన్‌చే ప్రేమించబడినవాడు") అని ఇదివరకు తనకున్న పేరును మార్చేసుకొని ఇఖ్నాటొన్ — అనగా సూర్యబింబమే అయిన ఆటొన్‌యొక్క అనుగ్రహం పొందినవాడు — అనే కొత్త పేరును స్వీకరించాడు. శిల్పంలో ఈ దేవుడిని కేవలం కిరణాలతో వున్న బింబంలాగునే చిత్రించారు (పటము 2). కాంతి, జీవమూ ఈ రెండు రూపాల్లోనే ఈ నూతన దైవము మూర్తీ భవిస్తున్నాడు. వెనకటి మంత్రాల్లో వున్న వైవిధ్యంతోనూ వైభవంతోనూ క్లిష్టమైన అలంకార చిహ్నాలతో కూడిన స్తోత్రపాఠా లేవీ ఆటొన్‌ని కీర్తిస్తూ రచించిన ఈ కొత్త మంత్రాల్లో కనబడనే కనబడవు. ఇప్పడెంత సేపూ మానవుడికీ సకల ప్రాణులకీ సూర్యుడు ప్రసాదిస్తూన్న ఉపకారాల గురించి వర్ణించి చెప్పడం తప్ప మరొక విషయం లేనే లేదు ఈ కొత్త మంత్రాల్లో:

ఆకసమున ప్రకాశించును నీ సుందర బింబం
అనవరతుడవు అమరుడవు ఆటొన్ మూర్తీ!
తూర్పున నీవుదయించినంతనె ఖండాంతరాలు నిండును నీ సౌందర్యం
దేదీప్యమానుడవు సోభాయ ప్రకాశితుడవు.
దేశదేశాలపై నెగిసి
నీ కిరణాలు విశ్వమంతను కౌగిలించి
ప్రోచితివీవు నీ సకల చరాచర సృష్టిని —

అంటూ ఈవిధంగా సరళంగా సులభగ్రాహ్యంగా ఆరంభం అవుతుంది దీర్ఘమైన సూర్య స్తోత్రనామం ఒకటి. పృథ్వికి సూర్యునియొక్క విశిష్టావసరం స్పష్టంగానూ వాస్తవంగాను గుర్తింపబడింది. ఇటువంటి పరిస్థితుల్లో కన్నూ సూర్యుడూ ఒకదానితో ఒకటి సమానమనే భావానికి ఎక్కడా తావేలేకపోయింది. అయితేనేమి? ఇఖ్నాటొన్‌తోనహా ఈ వాస్తవ సూర్య బింబారాధన కూడా కాలగర్భంలో కలిసిపోయి ఈజిప్టునుండి అదృశ్యం అయిపోయింది. మానవ భావనలు ప్రకృతిసిద్ధమైన మానవ ప్రేరేపణల ఇష్టానిష్టాలకు లోనుకాని స్వతంత్రమైన విజ్ఞానశాస్త్రం — మతంలోనూ వెనుకటి శాస్త్రంలోనూ మానవుని కాపాదింపబడిన విశిష్టతాధిక్యతా భావాలను పూర్తిగా నిరాకరించే విజ్ఞానశాస్త్రం — అవతరించడానికి ఎన్నో వేల సంవత్సరాలు పట్టింది. ప్రకృతి సంఘటనలలో తాను కూడా ఒక సంఘటన అనీ ధ్రువ పంచంమీద మనుతూ వున్న జీవకోటి యుగయుగ వ్యాప్తమైన పరిణామంయొక్క ఫలితాలలో తానొక ఫలితమనీ అనుకుంటున్నాడిప్పుడు మానవుడిప్పుడు.

అయినప్పటికీ కంటికీ సూర్యుడికీ దగ్గర సంబంధం వుందనేటటువంటి ప్రాచీనకాలపు భావనే అచ్చంగా యథాతథంగా కాకపోయినా గూఢమైన రూపాంతరంలో ఆధునిక విజ్ఞాన శాస్త్రంలో నిలదొక్కుకొని వుండిపోయింది. పసిపిల్లలూ కవులూ మన పూర్వులూ ఊహించుకున్నట్టి సంబంధంకాకుండా, కంటికీ సూర్యుడికీ వున్న వాస్తవ సంబంధాన్ని వర్తమాన కాలపు ఆధునిక ప్రకృతిశాస్త్రం బహిర్గత పరచింది. ఈ వాస్తవమయిన సంబంధాన్నే ఈ పుస్తకం వివరించబోతూంది.

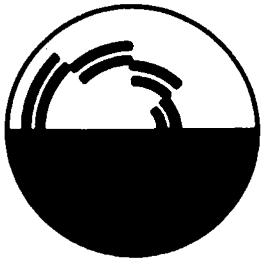
ఒకవైపు ప్రకృతిశాస్త్రమూ, మన ప్రకృతిశాస్త్రం ఏమిచెబుతూన్నప్పటికీ కూడా, కొపర్నికస్ గతించి నాలుగు శతాబ్దులు గడచినప్పటికీ సూర్యుడు ఉదయిస్తున్నాడనీ అస్తమిస్తున్నాడనీ మనం ఇంకా ఎలా అంటూనే వున్నామో అలాగే కవులతో సహా మనం అందరం కూడా కళ్లు ప్రకాశిస్తున్నాయనీ నక్షత్రాలు మన వంక వీక్షిస్తున్నాయనీ ఇంకా చాలా కాలంవరకూ అంటూనే వుంటాం.

వెలుగు

ఇంతమంది మహానుభావులు ఎంతో శ్రమపడుతూ ప్రయాసకూ ప్రమాదానికీ లోనవుతున్నారే — ఏమిటి వారి ధ్యేయం? ప్రపంచంలో కలగాపులగంగా కుప్పలు తిప్పలుగా పడివున్న రకరకాల వస్తువులను పదార్థాలను వాటి సరైన క్రమంగురించి ఆలోచించకుండా, వాటిని ఆశ్చర్యసంభ్రమాలతో వీక్షిస్తూండడమేనా?

లొమొనోసొవ్.

భూమికీ సూర్యునికీ మధ్య సుమారు 15 కోట్ల కిలోమీటర్ల దూరం ఉంది. భూమి చుట్టూ 4,000 సార్లు ప్రదక్షిణం చేస్తే ఎంత దూరం వుంటుందో అంత దూరం అన్నమాట ఇది. అంత దూరాన్న వున్న సూర్యలోకంనుండి అవిచ్ఛిన్నంగా మనకంటికి సమాచారాన్ని అందిస్తూన్న ఈ కాంతి ఏమిటి? అన్నిటికంటే ముఖ్యమైన విషయం, మన చుట్టూ వున్న యితర వస్తువులనుండి ఈ కాంతిని ఏవిధంగా పోల్చుకోగలం? ఈ కాంతికి ఉన్న విశిష్ట లక్షణాలు ఏమిటి? ఈ ప్రశ్నలన్నిటికీ 17 వ శతాబ్ది వరకూ — కంటికి కనబడేది కాంతి అనీ, మన దృష్టి అనుభూతులకి కాంతి కారణభూతం అనీ సమాధానం చెపుతూండేవారు. ఈ లక్షణమే కాంతియొక్క విశిష్టస్వభావం అని చెప్పడం ఏమంత తృప్తికరంగా లేదని వెంటనే అగపడిపోతూంది. చిట్టచీకటిలో నాశికా చాపందగ్గర కంటిగుడ్డుమీద మీ వేలితో మెల్లగా నొక్కి చూడండి. ఆ చిట్టచీకటిలోనే మీకళ్లముందు చిత్రవిచిత్రంగా వున్న తేజోబిందువులు కనబడతాయి. దీనినే గనుక మనం కాంతియొక్క దృష్టి అనుభూతి అని అంటే, వెనుక ఉపోద్ఘాతంలో పేర్కొన్న "దృష్టికిరణ" సిద్ధాంతాన్ని మనం అంగీకరిస్తున్నట్టే అవుతుంది. దృష్టి అనుభూతికి కారణమయేది ప్రతీదీ కూడా కాంతే అని చెప్పడానికి ఎంతమాత్రమూ వీలులేదు. అయితే — అన్నిరకాల కాంతి మన దృష్టికి గోచరం అవుతూందా అని మీరు ప్రశ్నించవచ్చు. ఎంత మాత్రమూ గోచరం కాదనే చెప్పాలి. దృగ్గోచరములు కాని సంఘటనలు అత్యంత వైవిధ్యాన్ని కలిగినట్టివి అనేకములు వున్నాయనీ వీటినన్నిటినీ మనం కాంతి సంఘటనలనే నిర్వచించవలసి వుంటుందనీ మనం త్వరలోనే తెలుసుకుంటాం.



5 వ పటము. బెన్‌హాము బొంగరం.

కాంతి గురించి మనం అధ్యయనం చేయడం ప్రప్రథమంలోనే మనకొక గొప్ప చిక్కు తటస్థిస్తుంది. అదేమిటా అంటే, మనం దేన్ని గురించి అయితే అధ్యయనం చేయాలనుకుంటున్నామో ఆ విషయం ఏమిటో ఈనాటికి కూడా మనకి సరిగ్గా తెలియడంలేదు. ఈ పద్మవ్యూహంలోనుండి బయటపడాలంటే మన దృష్టి అనుభూతులను మనం మరికొంత సూక్ష్మంగా పరిశీలించవలసి వుంటుంది.

చాక్షుషగోచరమవుతూన్న బింబాలకి దీప్తి, వర్ణము అనే మౌలికమయిన రెండు గుణాలు ఉన్నాయన్న విషయం దృష్టి వుండి చూడగలిగిన వారికందరికీ సహజంగా తెలిసిన విషయమే. అందుచేత వీటిని గురించి ఇంకా అధికంగా వివరించవలసిన అగత్యంలేదు.* అయితే దీప్తి, వర్ణము — ఈ రెండూ పూర్తిగా సాపేక్షకములు, స్వకీయగతాత్మక విషయాలున్నూ. పగటిపూట మేఘాలు కనబడి చంద్రుణ్ణి మనం పోల్చుకోనేలేం. రాత్రిపూట చంద్రుడు సూర్యుడి ప్రతినిధిగానూ "ఆమన్-రా యొక్క రెండవ కను"అని వ్యవహరించబడుతున్నాడు. పగటిపూట కంటికి అగుపడని నక్షత్రాలు శరత్కాలపు అమావాస్య రాత్రుల ఆకాశంలో దేదీప్యమానంగా ప్రకాశిస్తూన్నట్టు కనబడతాయి.

చాక్షుషగోచరానుభూతులలో వర్ణము అనే రెండవ గుణం కూడా ఇంత మోసంగానూ వుంటుంది. తెలుపునూ నలుపునూ రెంటికీ మధ్యస్థంగా వుండే ధూసర వర్ణపు ఛాయలనూ పోల్చుకోగలగం. ఇంద్రధనుస్సులో వుండే పలువిధాల రంగుల ఛాయలకీ తెలుపురంగుకీ నలుపు రంగుకీ ఎక్కడా సంబంధమే కనబడదు మనకి. వాస్తవానికి వాటికి వీటికీ వుండే వ్యత్యాసం చాలవరకు స్వకీయగతాత్మకమూ సాపేక్షమూ. ఈ విషయాన్ని ఈకింద వివరించే సులువయిన ప్రయోగంద్వారా నిరూపించవచ్చు. ఒక తెల్లని అట్టముక్కలో సగంభాగానికి అర్ధవలయా

---

*ఇంకా సూక్ష్మంగా పరిశీలించిన మీదట సంతృప్తత అనే మూడవ గుణం ఉన్నట్టు కూడా మనకు విశదమవుతుంది. ఉదాహరణకి: ఎరుపురంగు ఉపరితలాలు రెండింటిని ఒకదాని పక్క ఒకటి వుంచాం అనుకోండి. ఆ రెండూ సమానమైన దీప్తితోనే వున్నాయని కూడా అనుకోండి. అయినా ఒక దాని వర్ణం స్వచ్ఛంగా ఉందనీ, అనగా హెచ్చు సంతృప్తంగా వుందనీ, దీనితో పోల్చిచూస్తే రెండవ వర్ణం తేలిక రంగులో వుందనీ అంటే తెలుపుతో విలీనమయి వుందనీ అనడం మనకి పరిపాటి. ఈ విధంగా "తెలుపు"తో కలపడము అసంతృప్తతను కొలిచే కొలమానంగా వినియోగపడుతుంది.

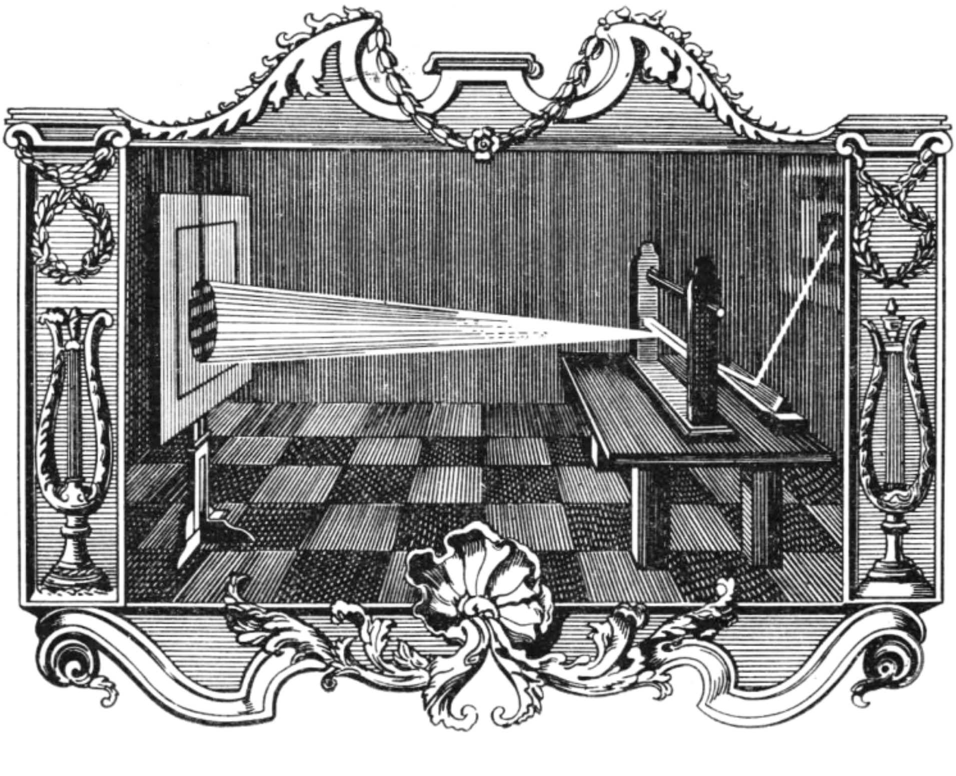
ఐజక్ న్యూటన్ (1642–1727)
(స్టైక్లే గీచిన జీవ రేఖాచిత్రంనుండి)

కారంగా వున్న నల్లని ముఖమల్లు ముక్క అంటించిగాని, అర్ధవలయాకారంలో మంచిరకపు నల్లని మసి రంగును పూసిగాని నలుపుచేయండి. తెల్లగా వున్న అర్ధవలయాకారపు భాగంలో నల్లని ఏకకేంద్రకములైన వంపుపట్టీలని చిత్రించడమో, లేకపోతే అతికించడమో చెయ్యండి. ఈ విధంగా తయారుచేసిన అట్టముక్క మధ్యలో (పటము 5) సూదిగా చెక్కిన పుల్లను గుచ్చి బొంగరం మాదిరిగా తిరిగేటట్టు తయారుచెయ్యండి. దీనిని ''బెన్‌హాము బొంగరం'' అంటారు. ఈ బొంగరం తిరుగుతూన్నప్పుడు దానిమీద సూర్యరశ్మిలాంటి కాంతి వంతమైన తెల్లని వెల్తురు పడితే, ఒకానొక గతివేగంతో అది తిరుగుతూన్నప్పుడు దానిని మనం చూసిన యెడల మనం అనుకునేటట్టు ధూసరవర్ణపు ఏకకేంద్రకములైన పట్టీలు కనపడడానికి బదులు, కొద్దిగా నల్లగానూ తక్కువ సంతృప్తత కలిగినట్టివీ అయినా, రంగురంగుల పట్టీలు కనబడుతాయి. దీన్నిబట్టి, కొన్నికొన్ని పరిస్థితులలో నలుపూ తెలుపూ కలిసినయెడల వివిధ వర్ణములుగల బింబాలు ఏర్పడవచ్చునని తెలుస్తూంది.

కాంతిని నిర్వచించేటప్పుడు కేవలం చాక్షుషగోచరములైనటువంటి అనుభూతలపైనే ఆధారపడి నిర్వచనంచేస్తే సరిపోదు అని మనం తీర్మానించుకోవలసే వస్తుంది. ఈలా తేల్చిన తీర్మానం అపరిష్కృతంగా వున్నట్టు కనబడుతుంది. ఈ హేతువునే కాంతిశాస్త్రాన్ని కనిపెట్టిన రెండు వేల సంవత్సరాల వరకూ కూడా ఆ శాస్త్రం అంతటిలోనూ కాంతికిరణాలయొక్క గుణాలన్నింటిలోనూ ఒక్క జామితీయశాస్త్ర సంబంధమైన గుణాలగురించి మాత్రమే మనం

కుణ్ణంగా తెలుసుకోగలిగాం. స్వకీయగతాత్మకములైన దృష్ట్యనుభూతులపైనే కడమ గుణాలన్నీ ఆధారపడి వుండడంవల్ల, వందలూ వేలూ సంవత్సరాలవరకూ కూడా ఈ గుణాలు వివరింపబడకుండా అయోమయంగా అస్పష్టంగా వుండిపోయాయి.

ఈ విధంగా ప్రతిష్టంభనలో పడిపోయిన చాక్షుషశాస్త్రాన్ని స్వకీయగతాత్మకములైన దీప్తి, వర్ణం అనుభూతులను కొలత, సంఖ్య, భౌతిక నియమాలు అనే ప్రత్యక్ష పరిభాషలోకి ఇటీవలి 17 వ శతాబ్దంలో ఐజక్ న్యూటన్ అనువదించి ఈ ప్రతిష్టంభనలోంచి బయటికి లాగి రక్షించగలిగాడు. సూర్యకిరణాలపైన ప్రయోగాలని న్యూటన్ 1665 లో మొదలు పెట్టాడు. ఈ ప్రయోగాలలో కిటికీ తలుపుకు చేసిన గుండ్రని చిన్న రంధ్రంద్వారా చీకటి గదిలోకి ప్రవేశించిన సూర్యకిరణ పుంజము ఒక గాజు పట్టకముమీద పడింది. ఈ విధంగా పడడంలో పట్టకంవల్ల ఆ కిరణపుంజం వక్రీభవింపబడి, ఒక తెరమీద పడింది. అలాగు తెరమీద పడిన



6 వ పటము. చీకటిగదిలో సౌరకిరణాలను పట్టకముచే విశ్లేషించడానికి ఏర్పరచిన ఉపకరణాలు. ఈ పరికరం 18 వ శతాబ్ది ప్రథమార్ధభాగంలో పీటర్స్‌బర్గ్‌లోని విజ్ఞాన పరిషత్తు వారి ''కున్స్ట్ కామెరా'' (కళామందిరం)లో నెలకొల్పబడింది. (ఎకడమీషియన్ క్రాఫ్ట్ చిత్రాన్ని అనుసరించి).

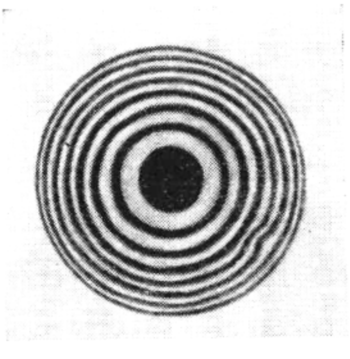
ప్పుడు ఇంద్రధనుస్సులో వర్ణాలు ఏ వరుసక్రమంలో వుంటాయో సరిగ్గా ఆ వరుసక్రమంలోనే వర్ణములన్నీ ఒక పొడుగుపాటి బింబంగా ఏర్పడ్డాయి. పట్టకంద్వారా కాంతిని ప్రసరింపజేసేటప్పుడు ఇంద్రధనుస్సు (వర్ణమాల) కనబడుతుంది అనే విషయం న్యూటన్‌కి ముందున్న కాలంలోనే తెలుసు. తెల్ల వెలుగుయొక్క తెలుపుని మార్చగలిగే గుణం ఏదో విధంగా అద్దానికి ఉన్నదని అనుకొనేవారు ఆ కాలంలో. ఇది వాస్తవం కాదని తన ప్రయోగాలవల్ల న్యూటన్ తెలుసుకొన్నాడు. తెలుపు రంగుగల కాంతి అనంత వైవిధ్యం కలిగినట్టి కిరణాలయొక్క క్లిష్టమైన యాంత్రిక మిశ్రమమనీ, ఈ కిరణాలను అద్దం వేరువేరు కోణములలో వంచి వక్రీభవింప చేస్తూందని న్యూటన్ అభిప్రాయపడ్డాడు. పట్టకం తెల్లవెలుగును మార్పుచెయ్యకుండానే, తెల్లవెలుగుయొక్క సరళమైన ఘటక వర్ణాల్లోకి విడదీస్తూంది. ఈ అంశభాగాలనన్నీ మళ్లీ కలిసిపోయేటట్టు చేస్తే తొలి తెల్లవెలుగు మళ్లీ ఏర్పడుతుంది (పటము 6). ఉదాహరణకి, పట్టకంవల్ల ఏర్పడిన ఇంద్రధనస్సు వర్తుల భాగంలోనుండి స్వచ్ఛమైన ఎరుపు కిరణాన్ని వేరుపరచి, దీనిని మరొక పట్టకంగుండా ప్రసరింపజేసిన యెడల దీనిలో ఇక మరే మార్పు సంభవించదు. దీన్నిబట్టి మొదటిసారి జరిగిన విశేషణవల్ల ఒక స్థిరమైన సంఘటన సంభవించినట్టు మనకి తెలుస్తూంది. ఈ సరళవర్ణం ఎల్లప్పుడూ వర్ణస్థైర్యం కలిగివుంటుందని తెలుసుకొన్న మాత్రాన కాంతియొక్క వాస్తవస్వభావం మనకు బహిర్గతం అవడంలేదు; వెనకటిలాగే ఇంకా అది స్వకీయగతాత్మకంగానే సాపేక్షంగానే వుండిపోతూంది. అందుకు తార్కాణంగా సరళమైన ఎరుపుని ఆకుపచ్చతో కలిపితే సౌరవర్ణమాలలో కనబడుతూ స్వచ్ఛమైన వర్ణములలో ఒకటైన పసుపురంగు వస్తూంది. ఆకుపచ్చరంగుని ఊదాతో కలిపితే నీలంరంగు వస్తూంది. ఇంకా ఈ విధంగానే ఉదాహరణలు ఉన్నాయి. ఈ దృష్టాంతాలలో సరళ రంగులను మిశ్రమ రంగులనుండి పోల్చుకోలేకపోతూంది మన కన్ను. ఇందుకు ఒక కటకమో లేక వర్ణమాలా పరికరమో సాధారణంగా అవసరమవుతుంది. ఈ వర్ణమాలా పరికరం కాంతిలో వున్న సరళవర్ణముల ప్రాదేశిక ఏర్పాటును విశ్లేష పరుస్తూంది.

కాంతియొక్క స్వకీయగతాత్మకమైన వర్ణస్థైర్యానికి సరిపడిన బాహ్యగతాత్మకమైనట్టిన్నీ పరిమాణాత్మకమైనట్టిన్నీ ప్రధానమైన స్వభావాన్ని కనిపెట్టడానికి, సరళవర్ణాలయొక్క వైవిధ్యమైన వర్ణస్థైర్యంకాకుండా సరళవర్ణాలయొక్క ఈ ప్రాదేశిక ఏర్పాటే న్యూటన్‌కి ఆచూకీని ఇచ్చింది. పట్టకముద్వారా సరళవర్ణములు వివిధములుగా వక్రీభవనమయే స్వభావమే వాటియొక్క ప్రాదేశిక ఏర్పాటుకు కారణమని న్యూటన్ నిరూపించాడు. ఈ వక్రీభవన స్వభావాన్ని వక్రీభవన గుణకము అనే స్పష్టమైన సంఖ్యవలన నిర్వచించగలం. ఈవిధంగా అంతవరకూ అస్పష్టతలోనూ స్వకీయగతాత్మక అయోమయంలోనూ పడి కొట్టుకొంటూన్న

కాంతిశాస్త్రాన్ని ఆ తికమకలోంచి పైకి లేవనెత్తి గణితశాస్త్రం నిర్మించిన స్థిరమైన రాజమార్గానికి తీసుకొనిరావడంలో చివరకి న్యూటన్ ఘనవిజయాన్ని సాధించగలిగాడు.

న్యూటన్ తరువాతి కాలంలో అనేక వస్తువులయొక్క కాంతి వక్రీభవనాన్ని అధ్యయనం చేయడం జరిగింది. దీన్నిబట్టి పట్టకము ఏ వస్తువుచేత చేయబడి వుంటుందో ఆ వస్తువు పైననే వక్రీభవనం చాలా వరకూ ఆధారపడి వుంటుందని తేలింది. ఇంద్రధనుస్సులో వున్నట్టే, మామూలు గాజు పట్టకంవల్లనూ, క్వార్ట్జ్ పట్టకంవల్లనూ శోణం (ఎరుపు) కంటె నీలం కిరణాలు హెచ్చు వక్రీభవిస్తున్నాయి. కాని గడ్డకట్టిన రంగుపదార్థాలతో (ఉదాహరణకు: ఫుక్సిన్ అనే గాఢమైన ఎరుపురంగు) చేయబడిన అతిపలుచని పట్టకములగుండా కాంతి కిరణాలు ప్రసరించినప్పుడు ఒక కొత్త విధమైన వర్ణమాల లభిస్తుంది. ఈ వర్ణమాలలో నీలిరంగు కిరణాలకంటె ఎరుపు కిరణాలే హెచ్చుగా వక్రీభవిస్తూంటాయి. ఈ విధంగా వక్రీభవన గుణకము కాంతియొక్క వైవిధ్యంమీదనే కాకుండా పదార్థంయొక్క వైవిధ్యంమీద కూడా ఆధారపడివుంటూ మొత్తంమీద చాలా క్లిష్టమైన లక్షణంగా తయారయింది.

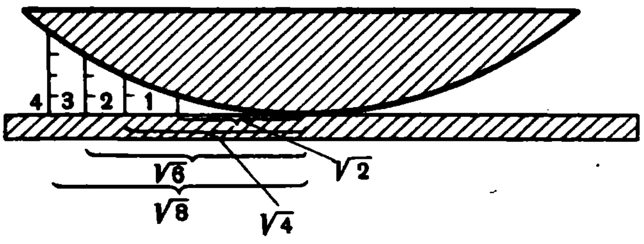
ఇంతేకాకుండా దీనికితోడు స్వచ్ఛమైన వర్ణంగల కిరణాలకి మరొక అద్భుతమైన లక్షణం కూడా వున్నట్టు కనిపెట్టాడు న్యూటన్. ఈ లక్షణాన్ని అనుసరించి పదార్థంయొక్క స్వభావంతో ఏ మాత్రమూ నిమిత్తంలేకుండానే స్వచ్ఛమయిన వర్ణంగల కిరణాలను పరిమాణాత్మకంగా నిర్వచించడానికి వీలుపడుతుందని అతడు కనిపెట్టాడు. కొద్దిగా ఉన్నతోదరమైన కంటి అద్దాన్ని బల్లపరుపుగా వున్న గాజు పలకమీద వుంచి దానిని తెల్లవెలుగుతో ప్రసరించిన యెడల గాజుపలక, కంటి అద్దము ఒక దానినొకటి తాకిన బిందువు చుట్టూ ఏకకేంద్రక ఇంద్రధనుస్సు వలయములు కొన్ని అగుపడతాయి. తెల్లవెలుగుబదులు సూర్యకిరణములను పట్టకముగుండా ప్రసరితం చేసినప్పుడు లభించే స్వచ్ఛమైన కిరణాలను ఈ గాజు పైనను, కటకముపైనను ప్రసరితంచేసి చూశాడు న్యూటన్, వెనకటి కంటె విచిత్రమైన సంఘటన అగుపడింది ఇప్పుడు అతనికి. ఉదాహరణకి, ఎరుపు కిరణాలని ప్రసరించినట్టయితే ఆ అద్దాలు రెండూ తాకే బిందువును కేంద్రగా చేసుకుని దీనిచుట్టూ ఒకదాని తరువాత ఒకటి క్రమంగా ఏర్పడ్డ ఎరుపు నలుపు రంగుల ఏకకేంద్రక వలయాలు అనేకం కనబడతాయి (పటము 7). కేంద్రస్థానమందున్న నల్లబిందువునుండి దూరము అవుతూన్నకొద్దీ ఈ వలయాలలో ఒక దానికీ ఒక దానికీ మధ్యవుండే దూరం తక్కువ అయిపోతూంటుంది. ఈ నల్లరంగు



7 వ పటం. న్యూటను వలయాలు.

వలయాల వ్యాసార్ధాల నిష్పత్తి, వరుసగా వున్న పూర్ణసరిసంఖ్యలయొక్క వర్గమూలముల నిష్పత్తిలో, అనగా, $\sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{6} : \sqrt{8}$, వుంటుందని న్యూటన్ కనుగొన్నాడు.

బల్లపరుపుగా వున్న గాజుపలకని తీసేసి దాని స్థానే అపరావర్తన తలముపైన కటకాన్ని ఉంచినట్టయితే వలయాలు అగుపడవు. ఈ కారణంచేత, కటకానికీ బల్లపరపుగా వున్న గాజు పలకకీ నడుమ అతి పలుచని గాలిపొర వుండేటట్టు ఏర్పాటుచేస్తేనే ఈ వలయాలు ఏర్పడతాయని న్యూటన్ కనిపెట్టాడు (8 వ పటం). ఒక దాని తరువాత ఒకటిగా ఏర్ప డిన వెలుగు చీకటి వలయాలలో ఒక్కొక్క వలయానికీ సరిగ్గా ఎగువనున్న గాలిపొరయొక్క దళసరి, పూర్ణసరిసంఖ్యల వరుసక్రమంలో వుంటుందన్న విషయాన్ని రేఖాగణితం ప్రకారం



8 వ పటం. న్యూటను వలయాల ఉత్పన్నం.

సులువుగా నిరూపించవచ్చు. ఒక్కొక్క వలయానికి ఎగువనున్న గాలిపొర దళసరి, అన్నిటి కంటె మొదటిదీ, చిన్నదీ అయిన ఆ గాలిపొరయొక్క దళసరికి గుణిజముగా ఉంటుంది. ఈ గాజువస్తువులను వివిధసరళవర్ణముల కాంతిచే దీపించినయెడల వలయాల వెడల్పు మారిపోతూ వుంటుంది. ఎరుపు రంగు కిరణాలతో ఇవి అతి వెడల్పుగానూ ఊదా కిరణాలతో అన్నిటికంటె సన్నముగానూ వుంటాయి. మొదటి వలయానికి ఎదురుగా వుండే గాలిపొరయొక్క దళసరి ప్రతి స్వచ్ఛమైన వర్ణానికి వేరువేరుగా వుంటుంది. అయినప్పటికీ కటకం ఏ వస్తువుతో చేయబడినప్పటికీ కటకంయొక్క ఉన్నతోదరత ఎలా వున్నప్పటికీ ఒక్కొక్క రంగుకు మాత్రం ఇది ప్రత్యేకంగా స్థిరంగా వుంటుంది. గాలిపొర స్థానే మరేదేనా ద్రావణాన్ని వుంచితే మాత్రం ఈ దళసరి మారిపోతుంది. ఇలాంటప్పుడు వలయాలయొక్క వెడల్పు ఆ ద్రావణంయొక్క వక్రీభవన గుణకాన్ని పట్టి మారుతూ వుంటుంది.

కటకములతో పైన వివరించినట్టి సరళప్రయోగాల అత్యంత సులభమైనవి. వీటిని మొట్టమొదట న్యూటన్ చేశాడు. (పట్టకాన్ని ఉపయోగించి చేసిన ప్రయోగాలకంటె కట కాలని ఉపయోగించి చేసే ప్రయోగాలు మరీ సులువుకూడాను.) వీటి ఫలితాలు చాలా అద్భుత

మైనవి. నిజంగా వీటివల్ల మనకి రెండు విషయాలు తెలుస్తున్నాయి. దీప్తి ప్రవాహంలో సక్రమంగా వచ్చే ఒక విధమైన ఆవృత్తి సంభవిస్తోందని ఈ ప్రయోగాలవల్ల మొట్టమొదట తెలుస్తోంది. రెండో విషయం కూడా ఇంత అద్భుతంగానూ వుంటుంది. కటకంయొక్క తలాన్ని తాకే పతనకిరణాలు కటకంయొక్క తలాన్నంతటినీ సమానంగా దీపించినప్పటికీ పరావర్తన కిరణాలు — అనగా పరప్రేషితమైన కిరణాలు — చీకటి వలయాలను, అనగా దీపించని వలయాలను, ప్రదర్శిస్తున్నాయి అనేటట్టిది రెండవ విషయం.

ఈ సంఘటనలను గురించి త్వరలోనే ప్రస్తావిస్తాం. ఇప్పుడు మాత్రం న్యూటను వలయముల ప్రయోగాలనుండి మొదటి చీకటి వలయానికిపైన రెండు అద్దాల నడుమనూ వున్న గాలిపొరయొక్క దళసరికీ ప్రతీ సరళవర్ణానికీ ఒక విశిష్టమైన సంబంధం వున్నట్టు నిర్ధారితమవుతూందని తెలుస్తోంది. ఈ హేతువును వక్రీభవన గుణకంబదులు ఈ మొదటి పొర దళసరివల్ల (పటము 8) స్వచ్ఛమైన వర్ణాన్ని దేనినైనా మనం పరిమాణాత్మకంగా నిర్వచించవచ్చు. ప్రస్తుతానికి మాత్రం ఆచారం ప్రకారం ఈ దళసరి పరిమాణాన్ని తరంగదైర్ఘ్యం అని వ్యవహరించి, దానికి గ్రీకుభాషలోని "λ" ("లామ్డా") అనే అక్షరాన్ని సాంకేతికంగా వాడుదాం. న్యూటన్ మొదట నిరూపించినట్టు, దృశ్యకాంతియొక్క తరంగదైర్ఘ్యములు చాలా చిన్నవి. అందుచేత సామాన్యంగా మిల్లీమైక్రానులు (mμ) అనే ప్రత్యేకమైన ఏకాంకాలద్వారా వాటిని తెలియపరుస్తారు; పది లక్షల మిల్లీమైక్రానులు ఒక మిల్లీమీటరుకి సమానం. ఇందుకు ఉదాహరణగా సౌరవర్ణమాలలో ఆకుపచ్చకీ నీలానికీ పొలిమేరలో వున్న రంగుయొక్క తరంగదైర్ఘ్యం $\lambda = 492$ mμ అని న్యూటన్ కనుక్కున్నాడు. వర్ణమాలలో ఎరుపు పరిధినున్న కిరణాల తరంగదైర్ఘ్యం సుమారు 700 mμ, ఊదా పరిధినున్నవాటి తరంగదైర్ఘ్యం సుమారు 400 mμ.

న్యూటన్ గావించిన ప్రయోగాలయొక్క గూఢమైన ఆంతర్యాన్ని మనం జాగ్రత్తగా గమనించాల్సి వుంది. స్వకీయగతాత్మకమైన ఊహా ప్రపంచంలో మునిగి తేలుతూ దానిని ఒక క్రమపద్ధతికి తీసుకొద్దామని వేల కొలది సంవత్సరాలనుండి భౌతిక విజ్ఞానవేత్తలు ఎంత ప్రయత్నించినప్పటికీ లొంగనటువంటి వర్ణము అనే సంఘటన హఠాత్తుగా దానిలో గూఢమై వున్న పరిమాణాత్మకమైన సారాన్ని బయటపెట్టి సునిశితమైన శాస్త్రీయ విశ్లేషణకి లోనైంది.

న్యూటన్ ఇంకా తన పట్టకపు వర్ణాలమీదనూ వలయాలమీదనూ ప్రయోగాలను చేస్తున్న రోజుల్లోనే, 1675 లో రోమర్ అనే ఖగోళశాస్త్రజ్ఞుడు ప్రప్రథమంగా తేజోవేగాన్ని నిర్ణయించి అది సెకనుకు ఇంచుమించు (తరువాత నిర్ణయించిన దిద్దుబాట్లని లెక్కలోకి తీసుకొన్నట్లయితే) 186,000 మైళ్లు (300,000 కిలోమీటర్లు) అని నిర్ణయించాడు. సూర్యుడినుండి భూమికి వుండే దూరాన్ని అధిగమించడానికి కాంతికి 8 నిమిషాలకాలం

పట్టుతుంది. మన కంటినుండి కాంతి తేజోబింబానికి ప్రయాణంచేస్తుందని ప్రతిపాదించిన దృష్టికిరణ సిద్ధాంతాన్ని ఆధారం చేసుకొని తేజోవేగం చాలా హెచ్చుగా వుంటుందని పూర్వకాలపు చాకుషశాస్త్రవేత్తలు తీర్మానించుకొన్నారు. మనం కంటిని ఎంత త్వరితంగా తెరిచినప్పటికీ కూడా అన్నిటికంటే దూరాన్న వున్న నక్షత్రమేనా వెంటనే మనకి కనబడుతుంది. కంటినుండి ఉద్గమించే కిరణాలయొక్క వేగం మన పూర్వులు ఊహించినట్టిదే అయివుంటే, ఆ వేగంతో ఈ సెకనుకి మూడు లక్షల కిలోమీటర్ల వేగాన్ని సరిపోలుస్తే ఇది చీమ నడకలా వుంటుందన్నమాట. కంటినుండి వెలువడుతున్నాయని ఊహించుకొన్న కిరణప్రవాహాల వేగం తేజోవేగంతో సమానమే అయివుంటే, మనం కన్ను విప్పిన 8 నిమిషాల తరువాతగాని సూర్యుడు మనకి అగుపించకుండా వుండాలన్నమాట.

తేజోవేగాన్ని రోమర్ తరువాత అనేక ఖగోళ భౌమ్య విధానాలద్వారా కొలవడం జరిగింది. ఈ కొలత పరిమాణాన్ని నేడు అతి సునిశితంగా నిర్ధారణచేశారు. ఖాళీప్రదేశంలో ఈ వేగం సెకనుకు 299,776 కిలోమీటర్లుంటుంది. ఈ సంఖ్యలో మొదటి ఐదు అంకెలవరకూ ఏవిధమైన అనుమానమూ లేదు. ఆఖరి అంకె, అనగా ఆరో అంకె, విలువ మాత్రం ఆసన్నంగానే తెలుసును మనకి. ఖాళీప్రదేశంలో తేజస్సుయొక్క వేగం దాని తరంగదైర్ఘ్యంమీద ఆధారపడడంలేదన్న సంగతిని మాత్రం మనం నొక్కిచెప్పాలి. కాగా ఎరుపు కిరణాలయొక్క వేగమూ నీలంకిరణాలయొక్క వేగమూ ఒక్కటే. ఈ విషయం మనకి అతిదూరంగా వున్న నక్షత్రాల గ్రహణాలవల్ల అత్యంత సునిశితంగా నిర్ధారణ అవుతూంది. ఉదాహరణకి, జంట తారలల్లో ఒక తార రెండవ తారయొక్క నీడలోకి వచ్చి తత్కారణంగా గ్రహణం కలిగేటప్పుడు ఆ తారయొక్క వర్ణంలో ఎటువంటి మార్పూ కూడా మన కంటికి గోచరం కాదు. వివిధ సరళవర్ణాల వేగంలో ఏమాత్రం తేడా వున్నప్పటికీ ఈ విధంగా సంభవించే గ్రహణాలవల్ల ఆ తారయొక్క వర్ణంలో నిశితమైన మార్పు కలిగి తీరాలి.

అలాగుకాకుండా, ఏదేనా ఒక పదార్థనుండి, ఉదాహరణకి నీటిలోనుండి కాని గాజులోనుండి కాని, కాంతి ప్రయాణం చేసేటప్పుడు దాని వేగం తరంగదైర్ఘ్యంపైన ఆధారపడి వుంటుంది. ఈ కారణంవల్లనే పట్టకంలోనుండి కాంతి ప్రసరించేటప్పుడు వర్ణమాల తటస్థిస్తూంది. వివిధ వర్ణస్థైర్యములు కలిగిన కిరణాలు జలబిందువులగుండా ప్రయాణం చేస్తూన్నప్పుడు వాటి వేగము వివిధంగా వుంటుంది అన్న వాస్తవాంశాన్ని ఇంద్రధనస్సు సంఘటన మనకి నమ్మకంగా రుజువు చేస్తూంది. ఖాళీప్రదేశంలోని తేజోవేగాన్ని వక్రీభవన గుణకంచేత భాగించిన యెడల ఈ వేగాలను నిర్ణయించవచ్చు. ఖాళీప్రదేశంలోని తేజోవేగానికీ, పదార్థంగుండా వెళ్లేటప్పుడు ఒక ప్రత్యేక వర్ణస్థైర్యంగల కాంతికుండే వేగానికీ గల నిష్పత్తే ఆ పదార్థంయొక్క వక్రీభవన గుణకం.

తేజోవేగాన్ని తరంగదైర్ఘ్యంచేత భాగించిన యెడల ఆ వచ్చే భాగహారలబ్ధం కాంతికిరణంలో సెకనుకి ఎన్ని సార్లు మార్పు సంభవిస్తోందో తెలియజేస్తుంది. దీనినే కాంతి పౌనఃపున్యం అంటారు. కాంతి పౌనఃపున్యాన్ని ν, తేజోవేగాన్ని c, తరంగదైర్ఘ్యాన్ని λ అనే అక్షరాలచే సూచిస్తే:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

అనే సమీకరణం లభిస్తుంది.

దృగ్గోచరమగు కాంతియొక్క పౌనఃపున్యం బృహత్తరంగా వుంటుంది. ఉదాహరణకి 600 mμ తరంగదైర్ఘ్యంగల పసుపువర్ణపు కాంతియొక్క పౌనఃపున్యం సెకనుకు అర్ధమిలియను బిలియన్ల (5 కోట్లకోట్ల) వలయాలు వుంటుంది!

ఇప్పుడు మరొక ముఖ్యమైన విషయాన్ని నొక్కిచెప్పాల్సివుంది. తేజోవేగమూ యానకం యొక్క వక్రీభవన గుణకమూ ఒకదానితో ఒకటి విలోమసంబంధ సామ్యంలో వుంటాయాన్న విషయం మనం ఇదివరకే తెలుసుకొన్నాం. ఇది ఇలా వుండగా, న్యూటన్ గావించిన ప్రయోగాలను ప్రస్తావించిన సందర్భంలో చెప్పినట్టు, కాంతి ప్రయాణం చేస్తున్న యానకంపైన కూడా λ తరంగదైర్ఘ్యం ఆధారపడి వుంటుంది. రెండు గాజు వస్తువుల మధ్యనూ వున్న గాలి బదులు నీటిని ఉంచినట్టయితే న్యూటన్ వలయాలు సంకుచితమవుతాయి. తేజోవేగం వలెనే తేజస్తరంగదైర్ఘ్యం కూడా యానకంయొక్క వక్రీభవన గుణకంతో విలోమసంబంధ సామ్యంలో వుంటుంది. ఈ హేతువును, తేజోవేగాన్ని తేజస్తరంగదైర్ఘ్యంతో భాగించగా వచ్చిన భాగహారలబ్ధం, అనగా పౌనఃపున్యం ν, పదార్థంయొక్క స్వభావంపైన ఆధారపడదన్న విషయం పై సమీకరణంవల్ల మనకి తెలుస్తూనే వుంది. అందుచేత ఈ పరిమాణం కాంతియొక్క పరిమాణాత్మక స్వభావాల్లో చాలా ముఖ్యమయినదన్నమాట. వర్ణస్థైర్యం అని చెప్పే స్వభావం ఇదే.

అయినప్పటికీ, తేజోవేగాన్నీ, కాంతిపౌనఃపున్యాన్నీ వివరించి చెప్పినంత మాత్రాన కాంతిని మనం సంపూర్ణంగా నిర్వచనం చేయడంలేదనే చెప్పాలి. స్వకీయగతాత్మక ఆత్మానుభూతులనుబట్టి కాంతియొక్క దీప్తిలో ఎంతో భేదం వుంటుందన్నది మనకి తెలిసిన విషయమే. మిణుగురు పురుగుయొక్క తళుకును సూర్యకిరణాలు సరాసరి మన కళ్లలో పడ్డప్పుడుండే దీప్తితో పోల్చి చూసే యెడల దీప్తిలో ఎంతలేసి విభేదాలు వున్నాయో మనకి వెంటనే గ్రాహ్యం అవుతుంది.

ఈ కాంతియొక్క దీప్తి భౌతికంగా మనం ఎలా గ్రహించడం? శక్తి అంటే ఏమిటో స్పష్టంగా తెలుసుకొన్నమీదట కాని ఈ ప్రశ్నకి కచ్చితమైన సమాధానం యివ్వడం విజ్ఞాన

శాస్త్రానికి వీలుపడింది కాదు. కాంతి ఎల్లప్పుడూ శక్తిని కలిగివుంటుందనడంలో ఏవిధమైన సందేహమూ లేదు. వేడిని కలిగించడమూ, రసాయనికమైన మార్పులను కలుగజేయడమూ మొదలైన అనేక క్రియలవల్ల మనకీ సంగతి స్పష్టంగా తెలుస్తూనే వుంది. కాంతిని దాని క్రియలద్వారానే సామాన్యంగా మనం తెలుసుకోగలుగుతున్నాం. అనగా, అది శక్తిని కలిగి వుండ డంవల్లనే దాన్ని మనం పోల్చుకోగలుగుతున్నాం అన్నమాట. దీప్తి అనుభూతికీ కాంతి కిరణాల యొక్క శక్తికీ చాలా దగ్గర సంబంధం వుంది. ఒక సరళమైన ''ఏకవర్ణ'' (ఒకే రంగుగల) కిరణం ఎంత హెచ్చు శక్తిని కలిగి వుంటే దాని దీప్తి కూడా అంత హెచ్చుగా వుంటుంది.

కాంతిశక్తిని విలువకట్టడంలో కంటికి ఏమంత సామర్థ్యం లేదు. రాత్రిపూట మిణు గురు పురుగు తళుకుకే మన కళ్లు చీకట్లు కమ్మిపోతాయనిపిస్తుంది. అటువంటిది పగటి పూట సూర్యుడి కిరణాలు సరాసరి మన కళ్లలో పడినా మన కన్ను వాటిని భరించగలదు. అయినప్పటికీ కూడా వివిధ వర్ణముల కిరణాలను మనం తైఫారవేసి చూస్తే ఎరుపు వర్ణం కంటె ఎంతో తక్కువ శక్తినే కలిగి వున్న ఆకుపచ్చ వర్ణమే దీప్తిగా వున్నట్లు మన కంటికి కనబడుతుంది. అందుచేత కాంతియొక్క శక్తీ దీప్తీ అన్యోన్యసంబంధం కలిగివున్నప్పటికీ, రెండూ పూర్తిగా వేర్వేరు భావనలు. ఈ రెంటికీ వున్న తేడా మన కంటికి అస్పష్టంగా గోచ రించుతూండడంవల్ల దీప్తిశక్తిని కొలవడానికి ఆధునిక చాక్షుషశాస్త్రజ్ఞుడు బాహ్యగతాత్మక మైన భౌతిక విధానాలనే వినియోగిస్తున్నాడు.

మన ప్రస్తావనను ఇక్కడకి తాత్కాలికంగా ఆపు చేసి, మనం కొన్ని తీర్మానాలు చెయ్య వచ్చును. కాంతివల్ల మనలో కలిగే స్వకీయగతాత్మక చిత్తచాపల్యంనుండీ ఇష్టానిష్టాలనుండీ క్లిష్టతనుండీ మనం ఇప్పుడు బయటపడ్డాం కాబట్టి, పైన వివరించిన ప్రయోగాలనూ కొలతలనూ ఆధారం చేసుకొని, కాంతి శక్తిని ధరిస్తుందనీ, అంతరిక్ష ప్రదేశంలో కాంతి సెకనుకి సుమారు 186,000 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుందనీ, కాంతికి ఆవర్త క్రమమైన లక్షణాలున్నాయనీ మనం ఇప్పుడు రూఢిగా చెప్పగలం. ఈ నిర్వచనంకిందకి వచ్చే ప్రతీ దానినీ, దృగనుభూతిని అది కలిగించిందీ కలిగించలేదూ అనే ప్రసక్తితో నిమిత్తం లేకుండా, కాంతి అని భావించడానికే యత్నిద్దాం. మనం ఇలా కొంత దూరం సాగిన తరువాత ఈ నిర్వచనానికి అదనంగా కొంత చేర్చవలసి వుంటుందనీ కొంత మార్చవలసి వుంటుందనీ మనకే తెలుస్తుంది. అయినా ప్రస్తుతానికి మాత్రం ఈ నిర్వచనం మనకి సరిపోతుంది.

నిజానికి 19 వ శతాబ్దారంభంనుండీ కూడా వర్ణమాలయొక్క దృశ్యకాంతి పరిమి తులను నానాటికి అనంతంగా విస్తృతము చేస్తూన్నాయనే చెప్పదగిన ''అదృశ్య కిరణాల'' యొక్క పరిమితులను చాక్షుషశాస్త్ర కక్ష్యలోకి తీసుకురావలసిన అవసరం భౌతికశాస్త్రజ్ఞులకి ఎంతేనా కలుగుతూంది. న్యూటన్ కనిపెట్టిన సౌరవర్ణమాలయొక్క ఈ చివర ఆ చివర

కూడా చీకటిలోకే విలీనం అయిపోతూన్నాయి. ఈ చీకటిలో ఏమి దాగివున్నాయో ఏమిటో? మన కంటికి మాత్రం అదంతా ఇంచుమించు అంధకారంగానే వుంటూంది.

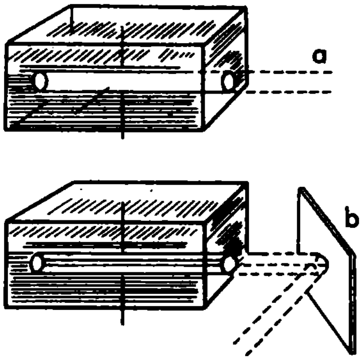
1800 సంవత్సరంలో హెర్షెల్ ఒక సుళువైన ప్రయోగాన్ని చేశాడు. థర్మామీటరు నొకదానిని తీసుకొని దాని పాదరసపు గోళంపైన నలుపురంగు పూసి ఆ థర్మామీటరుని సౌర వర్ణమాలలో ఎరుపు తరువాత వున్న చీకటి ప్రాంతంలో వుంచి చూసేసరికి తాపక్రమం బాగా హెచ్చు అయింది. కంటికి కనబడనటువంటి కిరణాలు ఆ ప్రాంతంలో వున్నాయనీ ఆ కిరణాలు వస్తువుల తాపక్రమాన్ని హెచ్చుచేయగలిగే స్వభావం వాటికి ఉందనీ దీనివల్ల అతడు గ్రహించాడు. ఈ కిరణాలను పరశ్శోణ కిరణాలు అంటారు. వీటి తరంగాల పొడవును కొల్చారు. వీటి వేగమూ మామూలు కాంతి వేగమూ సమానమే అని కూడా నిరూపించబడింది. అందుచేత అన్ని విధాల కూడా కాంతికి మనమిచ్చిన భౌతిక నిర్వచనం వీటికి కూడా అన్వయిస్తూంది. ఈ పరశ్శోణ కిరణాల పరిధి చాలా వరకూ విస్తరించి వుంది. ఇటీవలి కాలంలో ఈ రకం కిరణాలలో కొన్నింటి తరంగాల పొడవు సుమారు 0.3 మిల్లీమీటర్లవరకూ కూడా వుంటుందని కనిపెట్టబడింది. దీన్నిబట్టి వీటి పరిధి దృశ్యవర్ణమాలయొక్క ఎరుపు పరిధి, అనగా 750 mμ నుండి, అధమం 300,000 mμ వరకూ విస్తరిస్తూందన్నమాట. అయితే ఇంతటితో వర్ణమాల పూర్తి అయిపోవడంలేదు. రేడియో ప్రసారకేంద్రాలనుండి ఉద్గమించే విద్యుత్తరంగాలకి కూడా సెకనుకి 186,000 మైళ్ల వేగం వుంది. వాటికీ ఆవర్తక్రమ లక్షణాలున్నాయి. ఈ హేతువును అవి కూడా కాంతి తరంగాలనే చెప్పాలి. కొన్ని కిలోమీటర్లు మొదలుకొని మిల్లీమీటరులో అత్యంత స్వల్ప భాగము — ఈ విస్తృత పరిధులలో వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలనుగల. ఇట్టి కృత్రిమ విద్యుత్తరంగాలను ఇప్పుడు ఉత్పత్తి చెయ్యడానికి వీలవుతూంది.

ఈ విధంగా వర్ణమాల ఎరుపు చివరనుండి నిస్తంత్రి (వైర్లెస్) ప్రసారానికి వినియోగిస్తూన్న అత్యంత దైర్ఘ్యములనుగల తరంగాల పరిధివరకూ అన్ని పొడవులు గల తరంగాలూ వున్నట్టు రుజువైంది. అయితే వర్ణమాలయొక్క రెండో చివర — అనగా ఊదా (నీలలోహితం) పరిధి దాటిన తరువాతి ప్రాంతంయొక్క సంగతేమిటి? మామూలు కాంతి ఉత్పత్తి స్థానాలనే గనుక ఉపయోగించి చూస్తే ఈ ప్రాంతంలో తాపక్రమం ఏ మాత్రమూ అధికంగా వున్నట్టు అగుపించదు. కాని ఈ ప్రాంతంలో ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుని గనుక వుంచి దానిని తరువాత ద్రావణాలతో కడిగి ("వికాసం" పొందించి) చూస్తే, ప్లేటు నల్లగా తయారవుతుంది. ఈ విధంగా అతినీలలోహిత కిరణాలు మనకి బహిర్గతం అవుతున్నాయి. వీటిని బహిర్గతపరచడానికి యింకా ఇతర విధాలు కూడా వున్నాయి. ఈ కిరణాల క్రియవల్ల అనేక వస్తువులు కంటికి గోచరమయే కాంతిని (ప్రకాశిత్వాన్ని) ఉద్గమించడం, అనగా ఎలెక్ట్రానులను (అంటే తేజోవిద్యుత్ శక్తిని)

ఉద్గమించడం ఆరంభిస్తాయి. కొన్ని వస్తువులు విద్యుద్వాహకాలు అవుతాయి. అతినీలలోహిత పరిమితి దృశ్యవర్ణమాలయొక్క ఊదా చివర ప్రాంతం (ఇది ఎక్కడ ఆఖరు అవుతూందో ఇంకా అనిశ్చితంగానే వుంది; అయినా 400 mμ అని యింతవరకూ అంచనా) నుండి సామాన్యంగా మొదలయి కురుచతరంగాల మండలంలో 10 mμ కురుచతరంగాలవరకూ వుంటుందనీ అనుకుంటున్నారు. అయితే వర్ణమాల ఇంతటితో ఆఖరు అవడంలేదు. అతి నీలలోహిత కిరణాలు దాటిన తరువాత, గత శతాబ్ది అంతంలో రోంట్జెన్ కనిపెట్టిన కిరణాలు న్నాయి. ఈ కిరణాలకి కాంతికిరణాలకుండే లక్షణాలన్నీ వున్నాయన్న విషయం అందరకీ తెలి సిందే. అతినీలలోహిత కిరణాలవలెనే ఇవి కూడా ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లని నలుపు చేస్తాయి. వాట్ల లాగే ఇవీ దృగ్గోచరమగు ప్రకాశిత్వాన్ని కలుగజేస్తాయి; విద్యుత్ క్రియలనూ చేస్తాయి. రోంట్జెన్ కిరణాలలోనే (వీటిని ఎక్సుకిరణాలని కూడా అంటారు) వాటిని ఉత్పన్నంచేసే ప్రాయోగిక విధానాల దృష్ట్యా ఇంచుమించు 10నుండి 0.1 mμ వరకూ తరంగాల పొడవుగల కిరణాలని కూడా చేరుస్తారు. వీటితో కూడా ఇంకా వర్ణమాల ఆఖరు అవడంలేదు. ఎక్సు కిరణాల తరువాత అంతకంటె కురచనైన తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గలిగిన గామా కిరణాలు అని చెప్ప బడే కిరణాలున్నాయి. ఈ కిరణాలను రేడియమ్ మొదలైన "రేడియో ఏక్టివ్" – అనగా రశ్మ్యుద్గారక – పదార్థాలు ఉద్గమిస్తాయి. ఈ గామా కిరణాల పరిధిని నిర్ణయం చేయడానికి ఇంకా ఇంతవరకూ వీలుపడడంలేదు. గామా కిరణాల్లో 0.001 mμ కంటే తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గలిగిన కిరణాలు వున్నట్టు మనకీనాడు తెలుసు.

కాంతి కిరణాల్లో, (ఇంచుమించు) అనంతమైన పొడవుగలిగినట్టి తరంగాలనుండి, (ఇంచుమించుగానే) అత్యంత హ్రస్వతరంగాల వరకూ, అన్ని రకముల తరంగదైర్ఘ్యాలను గలిగిన కిరణాలూ చేరివున్నాయి. ఈ కిరణవైవిధ్యంలో బహుకొద్ది పరిమితినే (400 నుండి 700 mμ) కలిగివున్నట్టి దృశ్యవర్ణమాల ఏమంత ప్రముఖంగా కనబడనే కనబడదు.

కాంతికి ఇంకా మరికొన్ని అద్భుతమైన లక్షణాలున్నాయి. వాటిని గురించి యిప్పుడు చెప్పాల్సి వుంది. ఈ క్రింద వివరించుతూన్న ప్రయోగాన్ని చేసిచూడండి (9 పటంలో *a*). ఒక గాజు పాత్రలో కొద్దిగా మడ్డిగా వున్న నీళ్లని పోసి (నీళ్లను మడ్డిగా చేయడానికి మంచి నీళ్లలో ఒక చుక్క పాలు కలిపితే చాలు), దానిగుండా సూర్యకిరణం ఒకటి ప్రసరించేటట్టు చేయండి. నీళ్లలో తేలుతూన్న (అవలంబనం అవుతూన్న) రేణువులు కాంతిని విశ్లేషణం చేయడం కారణంగా కాంతి పుంజంయొక్క జాడ స్పష్టంగా కనబడుతుంది. ఈ కాంతి పుంజాన్ని మనం ఎగువనుంచి చూసినా పక్కనుండి చూసినా మనం ఏ దిశనుండి చూస్తున్నామా అన్న ప్రసక్తి లేకుండా విశ్లేషిత కాంతి పరిక్షేపణ అవుతూండడం అన్నివైపులా సమానంగానే కనబడుతుంది. మొట్టమొదట ఇందులో అసహజమేమీ కనబడదు. నేరుగా పడే (మామూలు) సూర్యకిరణ



9 వ పటం. పరావర్తనమైన కాంతి ధ్రువనమగుట.

పుంజాన్నే మనం ఈ ప్రయోగంలో ఉపయోగిస్తే వాస్తవానికి ఈ కాంతి అన్ని దిశలలోను విశ్లేషణం అవుతూంటుంది.

ఇప్పుడు రెండో ప్రయోగాన్ని చేసి చూడండి (9 పటంలో *b*). నేరుగా వచ్చే సూర్యకిరణాన్ని మొదట సుమారు 54° కోణములో ఒక గాజు పలకపై పడేటట్టు యేర్పాటు చేసి (పటంలో చూపబడిన కిరణం పటంయొక్క తలానికి లంబదిశగా వుంది) ఆ తరువాత ఈ కిరణం గాజు పాత్రలోకి పరావర్తనం అయేటట్టు చేయండి. ఈ కాంతి కిరణంయొక్క జాడను అన్ని దిశలనుండీ పరిశీలించి చూస్తే అద్భుతమైన సంఘటన ఒకటి మీకు కనబడుతుంది: గాజు పాత్రలోనికి దాని పార్శ్వములగుండా చూస్తే, వెనకటి కంటె ఇప్పుడు కిరణం బాగా పరిక్షేపణ అయినట్టు కనబడుతుంది (కాంతిపట్టిక సాపేక్షకంగా ప్రకాశమానంగా వుంటుంది). కాని మీదనుండి గాజుపాత్రలోకి చూసిన యెడల విశ్లేషణం వున్నట్టే కనబడదు; నీటిలో కిరణం జాడ మనకి అగుపడనే అగుపడదు. అద్దంవల్ల పరావర్తనం పొందిన తరువాత కాంతికి వింత అయిన ఒక కొత్త స్వభావం చేకూరింది. వెనకటి లాగు కిందకీ మీదకీ పరివ్యక్తంకాకుండా కాంతి ఇప్పుడు ప్రక్కలకే పరిమితమవుతూంది. కాంతి పుంజంయొక్క లంబచ్ఛేదంలో ఒక దిశలోనే క్రియజరగడానికి అనుకూలంగా వున్నట్టు కనబడుతుంది; అనగా, అది ధ్రువనాన్ని సంపాదించుతుంది. ఏలాగైతే శలాకాయస్కాంతంలో దాని రెండుధ్రువాలనూ కలిపే రేఖ దిశలోనే అధిక క్రియాత్మకంగా వుండి ఈ రేఖయొక్క లంబదిశలో ఇంచుమించు క్రియాశూన్యంగా వుంటుందో సరిగ్గా అదేవిధంగా ఈ సందర్భంలో కాంతి విషయంలో కూడా క్రియ అంతా ఒక్క క్షితిజ తలంలో కేంద్రీకృతమై వుంది. కాంతియొక్క ఈ లక్షణానికి (స్ఫటికశిలతో కావించే ప్రయోగంలో ద్వివక్రీభవనం అని సామాన్యంగా వ్యవహరించబడే క్లిష్టసంఘటనకు) అయస్కాంతంయొక్క సాదృశ్యాన్నిబట్టి కాంతి ధ్రువనం అని పేరుపెట్టినవారిలో న్యూటనే మొదటివాడు. మామూలు కాంతి పుంజం అన్ని దిశలలోనూ ధ్రువితమైన కిరణాల యొక్క మిశ్రమం; అందుచేతనే ధ్రువనాన్ని మనం పోల్చుకోలేం. అద్దంవల్ల కాంతి పుంజం పరావర్తన చెందినప్పుడు పరావర్తిత కిరణాలు ఒక నిశ్చితమైన ధ్రువనాన్ని కలిగి వుంటాయి; ఈ లక్షణం కారణంగా ధ్రువన కిరణాలు మనకి గోచరం అవుతాయి. కంటికి గోచరమయే కాంతి కిరణాలు ఒక్కటే కాకుండా నిస్తంత్రీ (వైర్‌లెస్) కిరణాలు మొదలుకొని గామా కిరణాలవరకూ కాంతి కిరణాలన్నీ కూడా ధ్రువన సంఘటనకు లోనవుతున్నాయి.

ధ్రువితవలుకాని కిరణాలనుండి ధ్రువితమైన కిరణాలను పోల్చుకొనే శక్తి చాలామంది కళ్లకి వుండదు. కాని మానవజాతిలో ఇంచుమించు 25—30 శాతం మనుష్యులకు ఈ లక్షణం వుంది. అయినా తమకీ లక్షణం వున్నట్టు వారికి తెలియనే తెలియదు. ఈ లక్షణం వున్న వారు ధ్రువిత కాంతిని ఉద్గమించుతూన్న తలాన్ని వీక్షించుతూన్నప్పుడు వరికంకుల కట్టవలె కొద్దిగా వంగిన ఆకారం కలిగిన నిమ్మపండు రంగు పట్టీ ఒకటి దృష్టిక్షేత్రం యొక్క కేంద్రంలో వారికి కనబడుతుంది. ధ్రువనతలాన్ని త్రిప్పినయెడల, దానితో కూడా ఈ పట్టీ తిరుగుతూన్నట్టు వారికి కనబడుతుంది. ఆకాశంలో సూర్యుడు కొన్నికొన్ని స్థానాల్లో ఉన్నప్పుడు, సూర్యుని కిరణాలు వాతావరణంవల్ల విశ్లేషించబడడంచేత ఆకాశంనుండి వచ్చే కాంతి చాలా హెచ్చుగా ధ్రువితమై వుంటుంది. ఇలాంటి సందర్భంలో ధ్రువితకాంతిని గోచరించగలిగిన వారందరికీ ఆకాశంలో వరికంకులకట్ట ఆకృతిని కలిగిన పసుపురంగు పట్టీ ఒకటి మసకగా కనబడుతుంది.

ఆకాశంలో తనకి అగుపడిన ఈ పచ్చని ధ్రువిత మచ్చను 1855 లో ఎల్. ఎన్. తొల్స్తోయ్ అతి స్పష్టంగా వర్ణించాడు. అయితే ఇది ఒక సంఘటన అనీ, దానికి భౌతిక వివరణ వుందనీ ఆయనికి తోచనే తోచలేదు. అందులో ఆశ్చర్యపడవలసినది ఏమీ లేదు. ఎందుచేతనంటే ఆ రోజుల్లో ఈ సంఘటన గురించి బహుకొద్దిమంది శాస్త్రజ్ఞులకి మాత్రమే తెలిసి వుండేది (ఈ సంఘటనను ప్రప్రథమంగా 1846 లో హైడింగర్ వర్ణించాడు). తొల్స్తోయ్ రచించిన "యౌవనం" అనే పుస్తకంలో 32 వ ప్రకరణంలోని ఈ క్రింది పంక్తులు ప్రతిభాశాలి అయిన గొప్ప కళాకారుని ప్రకృతి అవలోకనాసామర్థ్యాన్ని ఎంతగానో వ్యక్తపరుస్తున్నాయి: "...పుస్తకాన్ని కిందపెట్టేసి వసారాలోకి వున్న కిటికీలోంచి సంధ్య చీకటిలో లీనమవుతూ కిందకి వంగిపోయి వంకరటింకరగా వున్న పొడుగాటి బర్చ్ వృక్షాలయొక్క కొమ్మలవైపూ నిర్మలంగా వున్న ఆకాశంవైపూ చూస్తూన్నాను. కొంత సేపు అలా నిదానంగా ఆకాశంలో చూస్తేండే సరికి హఠాత్తుగా మబ్బుగా పసుపురంగు చుక్క కనబడి మళ్లీ హఠాత్తుగా మాయం అయిపోతూండేది."

పాఠకుడు కూడా తన దృష్టి సామర్థ్యాన్ని తెలుసుకొనేందుకు ఈ పసుపు పచ్చని ధ్రువిత పట్టికమును ఆకాశంలో చూడగలడో లేడో ప్రయత్నించి తెలుసుకోవడం మంచిది. ఈ విధంగా ప్రయత్నించడంవల్ల తమ కళ్లకి తాము ఎన్నడూ అనుకోనటువంటి లక్షణం వున్నట్టు అయితే దాన్ని పాఠకులలో కొందరు తెలుసుకోగలుగుతారు. వెనుకవైపు నల్లని రంగును పూసిన గాజుపలకను ఉపయోగించి తద్వారా పరావర్తితమైన కాంతిని వీక్షిస్తే ఈ ప్రయోగం సులువుగా జరుగుతుంది. పతన కిరణమూ పరావర్తన కిరణమూ ఒక ప్రత్యేకమైన కోణాన్ని కలిగివున్న యెడల ఇలాంటి గాజుపలక కాంతిని చాలా హెచ్చుగా ధ్రువనం చేస్తుంది.

కాంతిని సంపూర్ణంగా ధ్రువనం చేయగలిగే పారదర్శకములైన ఫిల్ములను ఏ పరిమాణంలో కావలిస్తే ఆ పరిమాణంలో తయారుచేసే విధానాలు ఇటీవలి సంవత్సరాల్లో కనిపెట్టబడ్డాయి. ఇటువంటి "ధ్రువన విశ్లేషకముల"లో ఒకటి వినిల్ ఆల్కహాల్ అనే ప్లాస్టిక్ ప్రాతిపదికనుండి తయారుచేసినది. ఒక పలుచని వినిల్ ఆల్కహాల్ పొరను ఒక దిశలో సాగతీసి దానిని అయొడీన్ ఆవిరియొక్క క్రియకు లోనుచేసిన యెడల ఆ పొర కాంతిని సంపూర్ణంగా ధ్రువనం చేస్తుంది. ప్రస్తుతం ప్రయోగశాల అభ్యాసాలలోనూ, ఇంజినీరింగులోనూ, ఫోటోగ్రాఫీలోనూ ధ్రువన విశ్లేషకాలను విస్తృతంగా వాడుతున్నారు. వెలుగుతో దీప్తమవుతూన్న ఆకాశము, గోడ ఇటువంటి తలాన్ని దేనినేనా సరే ధ్రువన విశ్లేషకంగుండా అవేక్షించిన యెడల, అవేక్షకుడు ధ్రువిత కాంతిని గనుక పోల్చుకొనగలుగుతే, ధాన్యపు వెన్నుకట్టవలె కనబడే పసుపురంగు పట్టికము అతనికి తప్పక అగుపించుతుంది. ధ్రువన విశ్లేషకాన్ని తిప్పతే దానితో పసపు పట్టికం కూడా తిరుగుతుంది.

భౌతికశాస్త్ర దృష్ట్యా దీనికున్న వివరణను తరువాత ప్రస్తావిద్దాం. ఇప్పుడు మాత్రం కాంతికుండే మరొక అసాధారణమైన లక్షణం గురించి ముందు పేర్కొందాం.

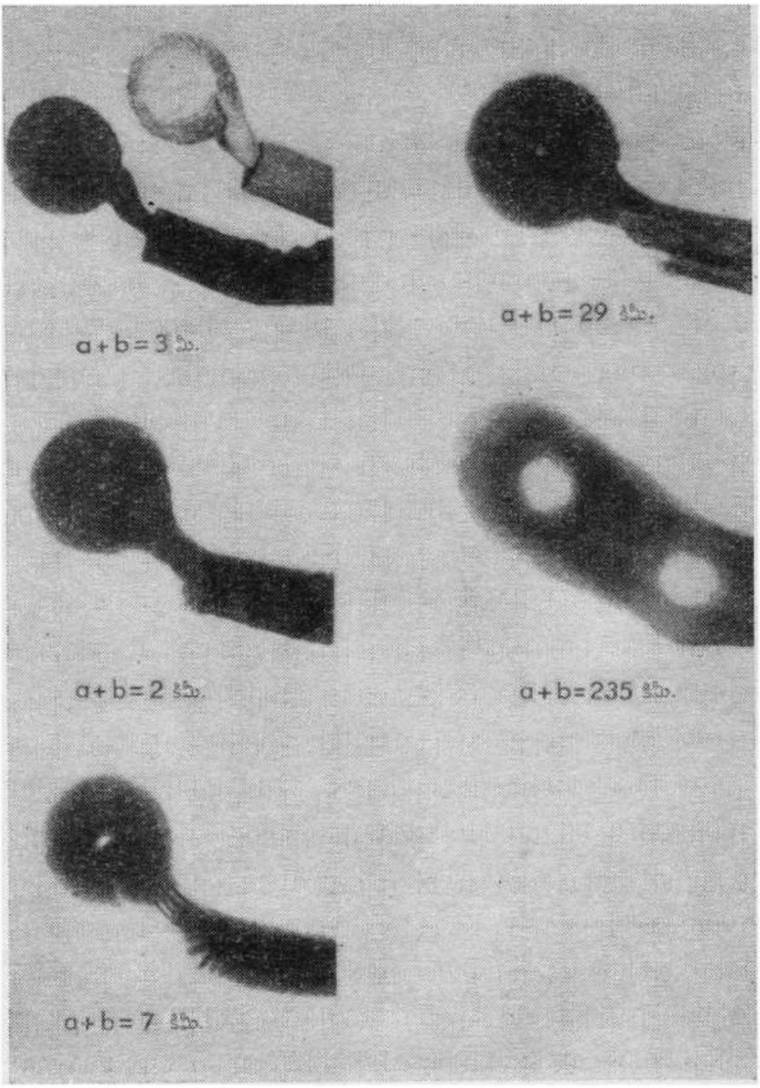
సజాతీయమైన యానకములగుండా కాంతి ప్రయాణం చేసేటప్పుడు సరళరేఖల్లో ప్రయాణం చేస్తుంది. కంటికీ దీప్తి ఉత్పత్తి స్థానానికీ నడుమ ఏదేనా అడ్డుగా వచ్చిన యెడల దీప్తి ఉత్పత్తి స్థానం మన కంటికి మరి అగుపడదు. ఈ విషయాన్ని ఆధారంగా చేసుకొని మన పూర్వులు జామితీయ చాక్షుశాస్త్రాన్ని ఒక క్రమపద్ధతిలో అభివృద్ధి చేసుకొంటూ వచ్చారు. కాని ఈ విషయం — అనగా కాంతి సరళరేఖలో ప్రయాణంచేస్తుంది అనే విషయం — వాస్తవమే అయినా, అన్ని పరిస్థితుల్లోనూ వాస్తవం అని చెప్పడానికి మాత్రం వీల్లేదు. మీ రెండు వేళ్ల నడుమనూ చిన్న సందువుండేటట్టు వాటిని దగ్గరగా నొక్కిపెట్టి ఆ సందులో నుండి 20–40 మీటర్ల దూరాన్నుండి జ్యోతి నొకదానిని చూడండి. ఆలా చూసినప్పుడు ఆ జ్యోతి ఒక దీప్తిబిందువులాగు కాకుండా మీ వేళ్ల మధ్యనున్న సందుకు అడ్డుగా ప్రకాశిస్తూన్న పట్టికం లాగు కనబడుతుంది మీకు. ఈ పట్టికంయొక్క కేంద్ర స్థానంలో జ్యోతిర్బిందువు ఒకటీ, పట్టికంలో వర్ణమాల రంగులున్న చార, దాని తరువాత ఒక నల్లని చార, ఇలాగు ఒకదాని తరువాత ఒకటి వరుసగా చారలు కనబడుతాయి. ఈ సంఘటనకీ కాంతి సరళరేఖలలో ప్రయాణం చేస్తుందీ అన్న భావనకీ ఎక్కడా ఏ విధమైన పోలిక లేకుండా వుంది. ఈ సంఘటన చరిత్రపూర్వయుగంలోని మానవుడికి కూడా తెలిసినదే. కళ్లని సగంమూసి రెప్పవెంట్రుకల సందుల్లోంచి ఏదేనా దీప్తిబిందువును వీక్షిస్తే కూడా కాంతియొక్క ఋజుగమన సూత్రానికి భంగం వాటిల్లుతూంది అనే విషయం మనం గ్రహించగలం. రెప్పవెంట్రుకల సందుల్లోంచి కాంతిని చూసేటప్పుడు కూడా ఈ సంఘటన సంభవిస్తూంది. ఇది చిన్న

పిల్లలకి బాగా తెలుసు. ఈ విషయం అందరకీ తెలిసినదే అయినప్పటికీ దీని ప్రాముఖ్యతను 17 వ శతాబ్దిలో మొట్టమొదటగా గ్రిమాల్డి గ్రహించి చెప్పాడు.

వి. కె. అర్కాద్యేవ్‌ను అనుసరించి చేసిన ప్రయోగంలో గుండ్రని పళ్ళెరాన్ని చేతితో పట్టుకొని వుండగా చేతినీడకు తీసిన ఐదు ఫోటోగ్రాఫులు 10 వ పటంలో పొందుపరుపబడ్డాయి. ఎడమ వైపునవున్న మొదటి ఫోటోగ్రాఫులో దీప్తిబిందువుకీ చేతికీ వున్న దూరం a సుమారు 2 మీటర్లూ, చేతినుండి తెరకి వున్న దూరం b సుమారు 1 మీటరూ వుంది; రెండవ ఫోటోగ్రాఫులో $a+b$ దూరం 2 కిలోమీటర్లు వుంది; మూడవ దాంట్లో 7 కిలోమీటర్లుంది; నాల్గవదాంట్లో 29 కిలోమీటర్లుంది; ఐదవదాంట్లో 235 కిలోమీటర్లుంది. మొదటి ఫోటోగ్రాఫులో నీడ స్పష్టంగా వుండగా, కడమవాటిలో నీడలు చిత్రవిచిత్ర ఆకారాల్లో వున్నాయి; పళ్ళెరంయొక్క నీడ మధ్యను కాంతి బిందువు ఒకటి స్పష్టంగా కనబడుతూంది; మోచేయి, చేయి వీటి నీడలకి అడ్డంగా వెలుగు పట్టికములు చీకటి పట్టికములు కనబడుతున్నాయి. దీన్ని బట్టి ఈ సందర్భంలో కూడా కాంతి సరళరేఖలలో ప్రసరిస్తూంది అనే భావనకే ఎక్కడా తావులేకుండా పోతూంది. జామితీయ గణిత నియమాల ప్రకారం చిన్న పరిమాణంలో వున్న ఏ దీప్తికేంద్రంనుండేనా సరే ఎంత దూరంనుండేనా సరే ప్రసరించే సరళరేఖా కిరణాలు ఎట్టి లోపాలులేకుండా నిశితమైన నీడనే ఉత్పత్తి చేయవలసి వుంటుంది.

దీన్ని బట్టి సన్నని సందుల్లోంచి కాంతి ప్రసరించినప్పుడు గాని, కాంతి ప్రయాణ మార్గంలో చిన్న వస్తువులు దానికి అడ్డుపడినప్పుడు గాని, కాంతి వాటిని తప్పించుకొని వాటి చుట్టూ వంపుతిరుగుతుంది. ఈ సంఘటనకి గ్రిమాల్డి వివర్తనం అని పేరు పెట్టాడు. కొత్త సంఘటన ఏదేనా అతనికి తటస్థపడింది అంటే దానిని కుణ్ణంగా అధ్యయనం చేస్తేనే కాని వదలిపెట్టకపోవడం న్యూటన్ స్వభావం. ఆ ప్రకారమే వివర్తనాన్ని కూడా కుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశాడతను. అలాగు అధ్యయనంచేసిన ఫలితంగా చీలికను కలిగి వున్న పదార్థం యొక్క స్వభావంమీదకాని, కాంతి కిరణాల దారిలో అడ్డుగా వున్న వస్తువుయొక్క స్వభావం మీదకాని ఈ సంఘటన ఆధారపడదనీ, ఈ హేతువును కాంతికి మౌలికంగా వుండే లక్షణాల్లో ఇది ఒకటి అనీ అతడు తీర్మానం చేశాడు.

నిస్తంత్రి (వైర్‌లెస్) కిరణాల మొదలు ఎక్సు కిరణాలవరకూ వర్ణమాలలో వున్న అన్ని కిరణాలకీ, వివర్తనం ఒక సామాన్య లక్షణం అని కొంత కాలం అయాక నిర్ధారణ అయింది. సరళరేఖా వర్తననుండి తప్పి వివర్తనం కావడం మనకంటికి స్పష్టంగా కనపడాలీ అంటే, కాంతి తరంగాల పొడవు ఎంత తక్కువగా వుంటే చీలికయొక్క, వస్తువుయొక్క పరిమాణాలు అంత తక్కువగా వుండాలి.



10 వ పటం. అపారదర్శకమైన వస్తువును కాంతి చుట్టి వచ్చినప్పుడు కాంతియొక్క వివర్తనము. (వి.కె. ఆర్కాద్యెవ్ ప్రయోగం)

కాంతియొక్క లక్షణాలలో ప్రయోగాత్మకంగా కనుగొనగలిగిన కొన్ని ముఖ్యమైన లక్షణాలను గురించి — ఆవృత్తి, వేగము, ధ్రువనము, వివర్తనములను గురించి మనం తెలుసుకొన్నాం. ఈ లక్షణాలనన్నింటినీ మొత్తంగా ఆలోచించినట్టయితే కాంతి తిర్యక్ కంపనములతో కూడిన తరంగ ప్రవాహం అనే సామాన్య భావన మనకి తప్పకుండా స్ఫురించుతుంది. అయిన

ప్పటికీ కాంతికుండే మౌలికమైన లక్షణాలన్నింటినీ — వాటిలో కొన్నింటిని గురించి మనం ఇంకా చర్చించనే లేదు కూడా — మనం తెలుసుకొనే పర్యంతమూ తాత్కాలికంగా ఇలాంటి సామాన్య నిర్దేశాలను చెయ్యకుండా వుండడమే మంచిది.

కాంతి ఎప్పుడూ పదార్థమునుండి ప్రసరిస్తుంది; పదార్థంలోనుండి పుట్టుతుంది; పదార్థంవల్ల విచూషితమవడంవల్ల అది అదృశ్యం అవుతుంది. కాంతి, పదార్థము — ఈ రెండూ ఒకదానితో ఒకటి తలపడినప్పుడల్లా అంతర్క్రియ సంభవిస్తూంటుంది (అనగా ఒకదాని ప్రభావం రెండవ దానిమీద వుంటుంది). ఒక వైపున, పదార్థం కాంతిని పరివర్తనం చేస్తుంది, వక్రీభవనం చేస్తుంది, విచూషించుతుంది, పదార్థానికి కాంతియొక్క ధ్రువన తలాన్ని త్రిప్ప గల సామర్థ్యం కూడా వుంది. కాంతిపైన పదార్థానికుండే క్రియాశక్తి కొంత దూరంనుండే ఆరంభం అవుతుంది. నక్షత్రాలనుండి వచ్చే కిరణాలు సూర్యుని పక్కనుండి ప్రసరించేటప్పుడు కొన్ని మిలియనుల కిలోమీటర్లు దూరంనుండే సూర్యునిచేత ఆకర్షింపబడ్డాయా అన్నట్టు సూర్యుని వైపు స్పష్టంగా విచలనం పొందుతాయి. దీని ఫలితంగా ఆకాశంలో అవి మామూలుగా వుండే స్థానాలనుండి స్థానచ్యుతిని పొందినట్టు మనకి అగుపడతాయి. ఇక రెండవ వైపున, పదార్థంమీద కాంతి పడినప్పుడు, పదార్థంమీద తన క్రియని అనేక రీతులులో ప్రదర్శిస్తుంది. పదార్థంమీద కాంతి పడినప్పుడు పదార్థంమీద ఒత్తిడిని (ఈ ఒత్తిడి యొక్క కొలమానం ఎంతో అంత తక్కువే అయినప్పటికీ) కలుగజేస్తుంది. పదార్థంలో (ఫోటోగ్రాఫు ప్లేట్లలోనూ, చెట్ల ఆకులలోనూ, ఎండకి మనుషి చర్మం నల్లబడ్డం మొదలైన) రసాయనిక మార్పులను కలుగజేసే శక్తి వుంది కాంతికి. పదార్థంలోనుంచి ఎలెక్ట్రాన్లను — అనగా పరమాణువులలోని సంఘటన భాగాలను — ఉద్గమింపజేసే శక్తివుంది కాంతికి. కాంతి పదార్థంగుండా ప్రసరించేటప్పుడు పదార్థంచేత కాంతినే ఉద్గమింపజేసే శక్తి (కాంతి విశ్లేషణము, ప్రస్ఫురణము, భాసనము మొదలైన సంఘటనలు) వుంది కాంతికి. ఇక చివరకి, పదార్థం గనుక కాంతిని విచూషణ చేసినప్పుడు పదార్థంయొక్క తాపక్రమం అధికమవుతుంది.

వర్తమాన శతాబ్దారంభంలో ఎమ్. ప్లాంక్ అతిముఖ్యమైన విషయాన్ని కనిపెట్టాడు. కాంతి విచూషణగానీ, కాంతి ఉద్గమనంగానీ నిశ్చితములైన శక్తి ఏకాంకములలోనే జరుగుతుందని అతడు స్థిరీకరించాడు. ఈ ఏకాంకానికి క్వాంటం అని అతను పేరు పెట్టాడు.

కాంతియొక్క రసాయనిక క్రియలలో ఒకదానిని దృష్టాంతంగా తీసుకుని పరిశీలించుదాం. పలుచని రంగు వేసిన కాగితంగానీ గుడ్డకానీ ఎండకి క్రమక్రమంగా వెలిసిపోతుంది. రంగు పదార్థం అతిసూక్ష్మమైన రేణువులతో కూడివుంటుంది. వీటిని అణువులంటారు. ఈ అణువులన్నీ వస్తువుయొక్క తలంమీద సరిసమానంగా పరచి వుంటాయి. ఆ రంగు పదార్థ

యొక్క అణువులన్నీ అన్ని విషయాలలోనూ సరిసమానమయినవే. కాగా ఆ అణువులలో ఒక్కొక్కదానిమీద పడే కాంతి కూడా సరిసమానంగానే పడుతూన్నట్టు కనిపిస్తూంది. అయినప్పటికీ ఆ గుడ్డ క్రమక్రమేణా వెలిసిపోతుంది — అనగా ఆ రంగుయొక్క అణువులు ఒక్కొటొక్కటే విచ్ఛేదనం అయిపోతాయి. ఆ రంగుమీద అంతటా కాంతి సరిసమానంగా పడితే ఆ రంగుయొక్క అణువులన్నీ ఒకదానినొకటి పోలివుంటే, అన్ని అణువులూ ఏకసమయంలో విచ్ఛేదనం కావడమో, లేక ఏ అణువూ కూడా విచ్ఛేదనం కాకపోవడమో, లేకపోతే కొంత కాలం అయిన తరువాత అణువులు నిశ్చితమైన శక్తిరాశిని విచూషించిన తదుపరి ఒక్కసారిగా హఠాద్విచ్ఛేదనం కావడమో సంభవిస్తుందని మనం ఊహించుకోవచ్చు. కాని వాస్తవానికి ఈ విచ్ఛేదనావిధానం అతి తాపీగానూ క్రమక్రమంగానూ జరుగుతుంది. అయితే దీనిని మనం సమన్వయించడం ఎలాగు? ఆ అణువులన్నీ ఒకదాన్ని ఒకటి పోలివుండడం లేదనో, లేక పతన కిరణ ముఖం సరిసమానంగా లేదనో — అనగా శక్తి కొన్నికొన్ని స్థానాల్లోనే సాంద్రీకృతం అవుతూందనీ ఇతర స్థానాల్లో లేదనీ — అనుకోవలసి వస్తుంది. పదార్థంలో వుండే అణువులన్నీ ఒకదానికొకటి భిన్నంగా వున్నాయని అనుకోవడానికి ఏ మాత్రమూ వీలులేదు; అణువులన్నీ ఒకదానితో ఒకటి పోలివున్నాయన్న విషయం రసాయనిక అభ్యాసం నిరంతరమూ రుజువు చేస్తూనే వుంది. అందుచేత తద్విరుద్ధంగా అనుకోవడానికి ఏ మాత్రమూ ఆస్కారం లేదు. కాబట్టి సజాతీయంగా వుంటూన్నదని మనం ఊహించిన కాంతిపుంజముఖం వాస్తవానికి సజాతీయంగా లేదనే మనం తీర్మానింకోవలసి వస్తుంది. నిజానికి అంతే. కాంతి పుంజంయొక్క శక్తి ప్రాదేశికంగా ఒకదానినుండి ఒకటి వేరుగా వున్న ప్రత్యేకమయిన కొన్ని కేంద్రాలలోనే సాంద్రీకృతమవుతూంది.

కాంతియొక్క రసాయనిక క్రియ ఒక్కటే కాకుండా, కాంతియొక్క క్రియలన్నింటినీ అధ్యయనం చేయగా, పదార్థంయొక్క కణములకి కాంతిని పూర్ణమైన క్వాంటంపరిమాణాలలోనే శోషణం, వికిరణం చేయగలిగే శక్తి వుందేమో అన్నట్టుగా ఈ ప్రక్రియలన్నీ జరుగుతాయనే సామాన్య నిశ్చయానికి వచ్చారు భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు. కాంతియొక్క ఈ క్వాంటం పరిమాణానికి <u>ఫోటాన్</u> అని పేరు పెట్టారు.

సెకనుకి ν పౌనఃపున్యంగల స్వచ్ఛమైన కాంతి క్వాంటంయొక్క పరిమాణం $h\nu$తో సమానం. h, స్వల్పాతి స్వల్పమైన స్థిరాంకం, దాని విలువ 6.62×10^{-27}; అంటే 6.62 ను 1 తరువాత 27 సున్నలుగల సంఖ్యచేత భాగించగా వచ్చిన విభక్తంతో సమానం. ఈ దృక్స్థానంనుండి చూచినట్టయితే రంగుగుడ్డ ఎండకి వెలిసిపోవడం క్రమక్రమంగానే జరుగుతుందన్న విషయం స్పష్టం అవుతుంది. దీప్తిప్రవాహంయొక్క శక్తి అంతటా సమానంగానూ అవిచ్ఛిన్నంగానూ పంపకమవడం బదులు, ''క్వాంటము''లనదగ్గ స్థానాల్లో మాత్రమే

సాంద్రీకరించబడుతూంది. అందుచేత పదార్థంయొక్క యే యే అణువులమీదనైతే కాంతి క్వాంటములు పడుతున్నాయో ఆ అణువులు మాత్రమే విచ్ఛిన్నం అవుతున్నాయి. కొన్ని సందర్భాల్లో ఈ కింది విధమైన హేతువాదం సరిగానే వుంటుంది: ఒక నిర్ణీతమైన కాలవ్యవధిలో విచూషితమైన శక్తి పరిమాణం E అయిన యెడల, దీనిని ఒక క్వాంటం శక్తి పరిమాణంచేత భాగించినట్టయితే వచ్చే విభక్తం, విచ్ఛేదం కావింపబడిన అణువుల సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది:

$$N=\frac{E}{h\nu}$$

కాంతిక్రియ కారణంగా జరిగే సరళమైన రసాయనిక విచ్ఛేదన సందర్భాల్లో ఈ తీర్మానంయొక్క వాస్తవికత ప్రయోగంవల్ల సునిశితంగా దృఢపరచబడింది. కాంతివలన పదార్థం వేడి ఎక్కినప్పుడూ, కాంతియొక్క విద్యుత్ క్రియలలోనూ, ప్రస్ఫురణంలోనూ ఇంకా ఇతర సందర్భాలన్నింటిలోనూ కూడా కాంతి క్రియయొక్క భంజిత క్వాంటం స్వభావం ప్రత్యక్షమవుతూంది. స్వల్ప తీక్ష్ణత కలిగిన దీప్తి ప్రవాహాల సందర్భంలో కాంతి శక్తియొక్క భంజిత స్వభావాన్ని కనిపెట్టగలిగే సామర్థ్యం మానవచక్షువుకి కలదు అనే అసాధారణమైన విషయం ప్రత్యేకంగా గమనించదగిన విషయం. ఈ విషయాన్ని మళ్లీ మనం ఆఖరి ప్రకరణంలో ప్రస్తావిస్తాం.

నిస్తంత్రి (వైర్‌లెస్) తరంగాల పౌనఃపున్యం ν సాపేక్ష్యంగా చూస్తే చాలా తక్కువే. అందుచేత క్వాంటం పరిమాణం $h\nu$ కూడా బహుస్వల్పాతి స్వల్పమే; అందుచేత వీటి విషయంలో తరంగాలయొక్క భంజిత స్వభావాన్ని కనిపెట్టడం చాలా కష్టం. అందుకు బదులు ఎక్సుకిరణాల పౌనఃపున్యం హెచ్చుగా వుండడంవల్ల వాటి క్వాంటములు పెద్దవిగా వుంటాయి; కాగా ఎక్సుకిరణాల క్వాంటం క్రియలు అత్యంత ప్రస్ఫుటంగానూ స్పష్టంగానూ వుంటాయి.

ఈ విధంగా ఇదివరకు మనం పేర్కొన్న కాంతియొక్క మౌలికమైన లక్షణాల జాబితాలో మరొక ముఖ్యమైన లక్షణాన్ని కూడా చేర్చవలసి వుందన్నమాట. అయితే ఇదివరకు మనం చెప్పిన లక్షణాలతో ఈ కొత్త లక్షణాన్ని నప్పించడం చాలా కష్టమే. ఈనాటికి మనకి తెలిసిన కాంతియొక్క మౌలికమైన లక్షణాల జాబితాను మనం ఇంకా సంపూర్ణంగా వివరించనప్పటికీ, కాంతియొక్క భౌతిక స్వభావం గురించి వివరించవలసిన సమయం వచ్చింది. దీన్ని గనుక మనం తెలుసుకొన్నట్టయితే సంఘటనలని మనం సులువుగా అర్థం చేసుకొని జ్ఞాపకం పెట్టుకోగలుగుతాం.

చాలా కాలంకిందటనుండీ కాంతియొక్క స్వభావం గురించి అనేక ఊహాకల్పనలు చేయడం, వాటిని తోసిపుచ్చడం జరుగుతూనే వచ్చింది. ఈ ఊహాకల్పనలు బొత్తిగా తెలియని

విషయాలను వివరించడానికి ప్రయత్నించడంచేత వాటిలో అనేకం పూర్తిగా నిరాధారాలైన ఊహలకిందనే పరిణమించాయి. ఇందులో ఏమీ ఆశ్చర్యంలేదు. ఎందుచేతనంటే ఈ సంఘటన యొక్క లక్షణాలు అప్పటికింకా ఆవిష్కరింపబడనే లేదు. దృష్టి, కాంతీ ఒకటే అని మన పూర్వులు భ్రమపడి తికమకపడడంచేత ఉపోద్ఘాతంలో చెప్పిన దృష్టికిరణ సిద్ధాంతంలాంటి అనేక చిత్రవిచిత్రలైన సిద్ధాంతాలు తలెత్తాయి. అయినప్పటికీ అదే సమయంలో ఈనాటి సైద్ధాంతికాభిప్రాయలను దగ్గరగా పోలినటువంటి ఊహాకల్పనలు కూడా కొన్ని ఆ రోజుల్లోనే ప్రతిపాదించబడ్డాయి.

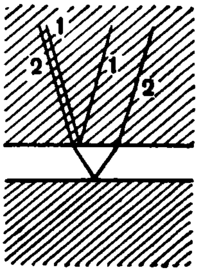
సూర్యుడినుండి శక్తిని మోసుకొస్తూ బ్రహ్మాండమైన ప్రదేశాన్ని దాటి భూమిని చేరుకుంటూంది కాంతి. ఈ విషయాన్ని మన పూర్వులు కూడా కొంతవరకూ తెలుసుకొన్నారు; తెలుసుకోవడం కాదు, ఊహించగలిగారనే అనాలి.

ఇంతింత విస్తృతమైన దూరాల్లోనుంచి శక్తి ఏవిధంగా పంపబడుతూంది? ఇది బహువిధాలలో జరగడం లేదు. పదార్థంతోపాటు శక్తిని కూడా ఒక స్థలంనుండి మరో స్థలానికి మార్చి తీసుకువెళ్లడం అన్నిటి కంటే సులువైన విధానం. తుపాకి పేల్చడం అంటే తుపాకి మందులో వుండే వినాశకరమైన శక్తిని తుపాకి పేల్చిన వ్యక్తినుండి లక్ష్యమువరకూ దూసుకుపోతూన్న గుండుద్వారా సంక్రమణం చేయడం అన్నమాట. కొండమీదనుండి కిందకి దొర్లుతూన్న బ్రహ్మాండమైన మంచుగడ్డ మాదిరిగా పదార్థంతోపాటు శక్తిని ఒక అవిచ్ఛిన్నమైన ప్రవాహంలో ఒక స్థలంనుండి వేరొక స్థలానికి సంక్రమణం చెయ్యవచ్చు. మొత్తంమీద ఈ రెండు దృష్టాంతాల్లోనూ ఒకే విధానం అవలంబించబడుతూంది. రెండింటిలోనూ వస్తువూ శక్తీ, రెండూ ఒక దానితో ఒకటి కలిసే ప్రయాణం చేస్తూన్నాయి. అయితే మరో విధమైన సంక్రమణ విధానం కూడా వుంది. గాలికి లేచిన సముద్ర కెరటం ప్రయాణం చేసిచేసి, చివరకి ఒడ్డుమీద విరుచుకుపడి తన శక్తిని కోల్పోతూంది. కాని కెరటాలను జాగ్రత్తగా గమనించినట్టయితే కెరటం ముందుకి సాగిపోతూన్నా, నీళ్లు మాత్రం మీదకీ కిందకీ ఊగుతూనే ఎక్కడి నీళ్లు అక్కడే వుండి పోతూన్నట్టు మనం తెలుసుకోగలం. పదార్థానికి స్థానచలనం కలగకపోయినా శక్తి మాత్రం ఒక పొరనుండి ఒక పొరకి సంక్రమణం అవుతూంది. శబ్దం యొక్క శక్తి కూడా గాలిద్వారా ఇదే విధంగా పార్శ్రేషితము అవుతూంది. శబ్దతరంగం ముందుకు సాగిపోవడమంటే గాలి వీచడంవంటిది కాదు; వరుసక్రమంలో సంభవించిన గాలి పొరలకంపన మాత్రమే. ''కాంతి ఉత్పత్తి దర్పణం'' అనే తన గ్రంథంలో లొమొనోసొవ్ ఈవిధంగా హేతువాదం చేశాడు: ''తంత్రీవాద్యంనుండే వ్యాపించే గాలి తీగెలనుండి సంగీతంతోపాటు సమానమైన వేగంతోనే — అనగా సెకనుకి 1,000 అడుగులకు మించిన వేగంతో — ఒక ప్రవాహం రూపంలో వెలువడిందంటే, ఆ సంగీతంయొక్క ధాకకు పర్వతాలు

సహితం భూమినుండి పెకలించుకుపోతాయి." తరంగాలద్వారా శక్తిని కొంత దూరం తీసుకొని పోవాలంటే అందుకు యానకం అవసరం. పైన చెప్పిన ఉదాహరణలలో నీరూ, గాలీ యానకములుగా ఉపయోగపడ్డాయి; గాలిలేని ప్రదేశంగుండా శబ్దం ప్రయాణం చెయ్యలేదు. ఇతరత్రా శక్తి పార ప్రేషిత విధానం మనకు తెలియదు. దీన్నిబట్టి సూర్యునినుండి భూమికి శక్తిని మోసుకొని వచ్చే కాంతి, రేణువుల ప్రవాహమేనా అయివుండాలి, లేదా ఒక యానకంలో వున్న తరంగ రూపం అయినా కావాలి; లేకపోతే ఈ రెండూ కలిసిన వ్యవస్థ అయినా కావాలి. ఇలాంటి ఊహలే అనేక రూపాల్లో మన పూర్వుల కాలంలో కూడా ప్రచారంలో వుంటూనే వచ్చాయి. కాంతికి వున్న వివిధములైన లక్షణాలనన్నింటినీ ఒకే ఒక సామాన్య సిద్ధాంతంలో ఇమడ్చడానికి తరువాతి కాలపు భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు ఎప్పుడయితే ప్రయత్నించారో అప్పుడు ఈ ఊహలన్నీ మళ్ళీ విధిగా తలెత్తి తీరడం సంభవించింది.

కేవలం ఊహనూ రూఢమైన వాస్తవవిషయాన్నీ తారుమారు చేయడం, ప్రమేయాలు నిజం అనుకోవడం, ఇలాటి పొరపాట్లలో పడకుండా వుండడానికి న్యూటన్ ఎంతో జాగ్రత్త పడ్డాడు. అయినప్పటికీ తన రచనలలో న్యూటన్ కాంతియొక్క స్వభావాన్ని గురించి పదేపదే ప్రస్తావిస్తూ తరుచు ఉద్గమన సిద్ధాంతంవైపే మొగ్గుతూండేవాడు. తరంగ సిద్ధాంతాన్ని వ్యతిరేకించడంలో, విశ్వ ప్రదేశంలో భౌతిక యానకం — "ఈథర్" — లేకపోవడమే ఆ సిద్ధాంతానికి ప్రధానమైన అభ్యంతరమని అతని వాదం. నిజానికి గ్రహాలు సంచరించేటప్పుడు వాటి చుట్టూ పరివేష్టించి వున్న ప్రదేశంలో ఏ మాత్రం చెప్పదగిన నిరోధాన్ని గానీ, సంఘర్షణను గానీ అవి ఎదుర్కోకుండానే, అత్యంత క్రమబద్ధంగా తిరుగుతున్నాయి. ఈ హేతువును సూర్యుడికీ గ్రాహాలకీ నడుమనున్న ప్రదేశంలో తరంగ ప్రసారానికి అవసరమైన భౌతిక యానకం వుండి తీరాలనే ప్రమేయానికి ఎట్టి ఆధారాలూ కనబడవు అన్నాడు న్యూటన్. ఒక పాత్రలో వున్న గాలిని తీసివేసిన తరువాత శబ్దంయొక్క ఉనికికి అందులో ఏ విధంగా తావులేదో, అదే విధంగా నక్షత్రాలయొక్క యాంత్రికములైన కంపనాలు కూడా విశ్వ ప్రదేశంలో వున్న "ఖాళీ" లో తరంగాలుగా అవడానికి ఏ మాత్రమూ తావులేదన్నాడు అతను. కాంతి అంటే పదార్థంయొక్క సూక్ష్మకణముల ప్రవాహమేనన్న ప్రమేయమే బహుశా సంభవమని న్యూటన్ అభిప్రాయపడ్డాడు.

ఆవృత్తి అనే లక్షణం కణముల పరిభ్రమణవల్ల బహుశ సంభవిస్తే సంభవించవచ్చునని న్యూటన్ అభిప్రాయం. ఈ కణము, లేక కార్పసిల్ తన పరిభ్రమణకాలంలో ఎంత ప్రదేశంలో ప్రయాణం చేస్తుందో ఆ ప్రదేశంయొక్క పరిమాణమే దాని "తరంగదైర్ఘ్యం." ధ్రువనం ఘనపదార్థ కణములకు మాత్రమే ఉండే విశిష్టలక్షణమనీ అందుచేత కాంతికి ఈ లక్షణం వుండడాన్ని పట్టి అది ఘనపదార్థపు కణముల ఘటకమే అన్న విషయం రూఢి



11 వ పటం. న్యూటన్ గావించిన మిథోఘట్టన వలయముల ప్రయోగంలో కిరణముల పథం.

అవుతూందనీ న్యూటన్ అభిప్రాయపడ్డాడు. కాంతిని పదార్థం ఆకర్షించడం అపకర్షించడం వల్లనే వివర్తనం (వంగడం) సంభవిస్తూందని వివరించడానికి ప్రయత్నించాడు న్యూటన్.

న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన కాంతి కణ యాంత్రిక సిద్ధాంతానికి అతని సొంత ప్రాయోగిక సముపార్జనలోని ఒక అంశమే క్లిష్టమైన ప్రతిబంధకంగా ఏర్పడుతూంది. ఇదివరకు (24 వ పుటలో) వివరించిన న్యూటను వలయ ప్రయోగంలో గాజు పలకకీ కటకానికీ నడుమ నున్న గాలిపొరయొక్క ఊర్ధ్వ అధోతలాలనుండి పరావర్తితమయిన తరువాత కలుసుకొన్న రెండు కిరణాల అంతర్క్రియ (''మిథోఘట్టన'') ఫలితంగానే న్యూటను వలయాలు అగుపడు తున్నాయని చెప్పడంలో ఎట్టి సందేహానికీ తావులేదు. ఇలాంటి రెండు కిరణాలని గురించి మనం ఇప్పుడు ఆలోచించుదాం (11 వ పటం).

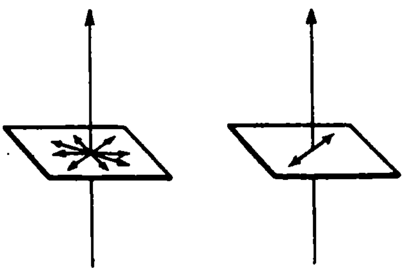
1 వ కిరణం పై సరిహద్దునుండి పరావర్తనం చెంది 1 వ పరావర్తన కిరణాన్ని ఇస్తూంది; 2 వ కిరణం ఉపరితలంవద్ద వక్రీభవనాన్ని పొందిన తరువాత, కింది తలంనుండి పరావర్తనం పొంది తిరిగీ కటకంలోకి ప్రవేశిస్తూంది. ఈ రెండు కిరణాలూ కలుసుకొని ''మిథోఘట్టన చెంది,'' తత్ఫలితంగా న్యూటను వలయాల స్థిరరూపాన్ని ఏర్పరుస్తున్నాయి. ఇప్పుడు, న్యూటన్ భావించినట్టే, 1 వ కిరణమూ 2 వ కిరణమూ ఒక దీప్తి ఉత్పత్తిస్థానంనుండి చిందర వందరగా ఉద్గమింపబడుతూన్న కాంతి కణాలయొక్క పథాలు అనే మనం కూడా అనుకుందాం. ఒక దానితో ఒకటి ఎట్టి సంబంధంలేకుండా పూర్తిగా స్వతంత్రంగా వున్నాయి ఈ కణాలు. క్రమక్రమంగా అతి కళావిహీనమైనట్టి దీప్తిని ఉపయోగించుతూ వచ్చినయెడల 1, 2 మార్గాలలో ప్రయాణంచేసే కాంతికణాలు ఏకసమయంలో అభావమయే స్థితి కలుగ డానికి అవకాశం వుంటుంది. ఈ పరిస్థితిలో, న్యూటన్ అభిప్రాయమే గనుక సరియైనదే అయివుంటే, ఒక దానితో ఒకటి మిథోఘట్టన పడడానికి రెండు కిరణాల కణాలు లేకపోవడం ఫలితంగా వలయాలు మాయమయిపోయి తీరాలి. కాని ఇలాగు జరగడం లేదు. ప్రయోగాలలో ఎంత స్వల్పాతి స్వల్ప తీక్ష్ణత గలిగిన కాంతిని ఉపయోగించినప్పటికీ న్యూటన్ వలయాలు అగుపడితీరుతున్నాయి. ఉదాహరణకి, వలయాలని ఫోటో తీయడానికి ఎన్నో రోజులకాలం పట్టే

టట్టి స్వల్పాతిస్వల్ప తీక్ష్ణతగల దీప్తినే వినియోగించామనుకుందాం. అయినప్పటికీ, అతి తీక్ష్ణమైన దీప్తిని వినియోగించినట్టే ఇట్టి పరిస్థితిలో కూడా స్పష్టమైన ఫలితాలు ఏర్పడతాయి ఫోటోగ్రాఫులో.

కాంతి ఒక తరళిత చలనమూ అనే ప్రమేయాన్ని పెట్టుకుంటే, వలయాల ప్రయోగమూ దానితో సారూప్యం కలిగివున్న మిథోఘట్టన సంఘటనన్నీ వివరించడంలో వున్న కష్టం అంతా తీరిపోతుందని రుజువుచెయ్యడానికి నూట ఏభై సంవత్సరాలు పట్టింది. వాస్తవానికి, దీప్తి బిందువునుండి తరంగాలు అన్ని దిశలలోనూ వ్యాపిస్తూ, దీప్తి తీక్ష్ణతతో ఎట్టి సంబంధమూ లేకుండానే, వాటి భాగాలన్నీ కూడా కొంత పరిమాణంలో శక్తిని తీసుకు వెళుతూంటాయి; ఇందువలన 1 వ కిరణమూ 2 వ కిరణమూ ఎప్పుడూ కూడా ఒకదానితో ఒకటి మిథోఘటిస్తూనే వుంటాయి. ఇంతేకాకుండా, తరంగసిద్ధాంతం మిథోఘట్టన ఫలితాన్ని అతి నిశితంగా సూచిస్తుంది: ఒక బిందుస్థానంలో ఒక దానినొకటి కలుసుకుంటూ వున్న రెండు తరంగాలు, ఒకదాని శిఖరముతో రెండవ దాని పాదము సరిగా ఏకీభవించే అవస్థావ్యత్యాసాన్ని కలిగి వున్నట్టయితే, అట్టి సందర్భంలో రెండు తరంగాలూ ఈ బిందుస్థానంలో ఒక దానినొకటి అంతమొందించు కొంటాయి. తత్ఫలితంగా చీకటి వలయం ఏర్పడుతుంది; కాని ఇందుకు వ్యతిరేకంగా, ప్రదేశంలో పక్కనున్న మరొక భాగంలో రెండు తరంగాల శిఖరాలూ ఒకదానితో ఒకటి కలుసుకొన్న చోట ఒకదాన్నొక్కటి బలపరచుకొని, తత్ఫలితంగా కాంతి వలయం ఏర్పడుతుంది.

వివర్తనంలో సంభవించే అన్ని క్లిష్టమైన విషయాలనీ కూడా ఈ కొత్త కాంతితరంగ సిద్ధాంతం ఇంత జయప్రదంగానూ తేటతెల్లం చేయగలిగింది; శాస్త్రరీత్యా ఈ సిద్ధాంతం సూచించిన విషయాలన్నీ కూడా ఒక్కటైనా తు.చ తప్పిపోకుండా వాస్తవమేనని ప్రయోగాలు నిర్ధారణ చేశాయి. కాంతి ధ్రువనాన్ని కూడా నిర్దిష్టంగా వివరింపగలిగింది తరంగ సిద్ధాంతం. కాంతి కిరణాలు తిర్యక్‌తరంగాలని ధ్రువన సంఘటన నిరూపిస్తూంది; అనగా, చెరువు ఉపరి తలంపైన సంభవించే నీటి తరంగాలలాగే, కిరణకంపనములు కిరణ దిశకు లంబముగా వుంటాయి. అధ్రువిత కిరణాలు కిరణం చుట్టూ అన్నిదిశల్లోనూ కంపిస్తాయి (12 వ పటం); ధ్రువితకిరణాలు మాత్రం ఒకే ఒక్క దిశలోనే కంపిస్తాయి.

19 వ శతాబ్ది మొదటి అర్ధభాగంలో, తరంగ సిద్ధాంతం చెప్పిన జోస్యాలు గుణాత్మకంగానూ పరిమాణాత్మకంగానూ నిర్దుష్టములూ సునిశితములూ అయిన సత్యాలు అని రూఢి కావడంవల్ల, న్యూటనుయొక్క ఉద్గమన సిద్ధాంతంపైన గొప్ప విజయాన్ని గాంచింది. కాని ఈ విజయం స్థిరంగా నిలువగలిగిందా? విశ్వప్రదేశంలో ఎక్కడా కూడా యాంత్రిక యానం — ఈథర్ — అంటూ తటస్థపడడంలేదు అనే ముఖ్యమైన వాదంతోనే న్యూటన్



12 వ పటం. ధ్రువిత కాంతిలోనూ అధ్రువిత కాంతిలోనూ వున్న కంపనములు.

తరంగ సిద్ధాంతాన్ని పూర్వపక్షం చేశాడనే విషయం మనం గుర్తుంచుకోవాలి. యంగ్, ఫ్రెనెల్ వీరిద్దరూ ఈ వాదాన్ని ఓడించారా? లేదు. వారు ఓడించలేదు; కాంతియొక్క తరళిత లక్ష ణాలు అచ్చంగా ఈతర్‌యొక్క ఉనికిని నిర్దిష్టంగా రూఢంచేస్తున్నాయనే వారిద్దరూ అభి ప్రాయపడ్డారు. 19 వ శతాబ్ది యావత్కాలంలోనూ కూడా ఈతర్ ఉనికిని నిరూపించేం దుకు ప్రత్యక్షసాక్ష్యకోసం భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు చాలా తంటాలుపడ్డారు, కాని ఏమీ లాభంలేక పోయింది. చలనములో వున్న వస్తువుల్ద్వారా కాంతిని ప్రసారం చేసే ప్రయోగాలు అసలు ఈతర్ సిద్ధాంతానికే ప్రాణాంతకంగా తయారయాయి. చలనంలేకుండా జడంగా వున్న యాంత్రిక యానం అంటూ ఒకటి వుండి, దాని గుండా కాంతి కిరణాలు ప్రసారితం అవుతూ వుండిన పక్షంలో, సూర్యునిచుట్టూ భూమియొక్క సాంవత్సరిక పరిభ్రమణంతోపాటు, చాక్షుష సంఘటనలమీద ప్రభావాన్ని తీసుకొని రాగలిగిన ఒక విధమైన ''ఈతర్ గాలి'' అంటూ ఒకటి భ్రమణంతో కూడా వుండాలి. ప్రాయశః అటువంటి ''గాలి'' ఉన్నట్టు ఎక్కడా నిద ర్శనాలు దొరకేలేదు. పర్యవసానంగా, ఈతర్ అంటూ లేదనీ, అసలు ఉండేమాటుంటే దాని లక్షణాలు యాంత్రిక సంఘటనలకు సామాన్యములైనవి కాక, పూర్తిగా విశిష్టతను కలిగినవి అయివుండాలనీ తేలిపోతూంది.

అయినప్పటికీ, ఏ మాత్రమూ అనుకోకుండానే విద్యుత్ సంఘటనలనుండీ, ఆయస్కాంతిక సంఘటనలనుండీ కాంతి తరంగ సిద్ధాంతాన్ని సమర్థిస్తూ కొంత బలం చేకూరింది. విద్యుత్ సంక్షోభాలూ ఆయస్కాంతిక సంక్షోభాలూ కాంతి వేగంతోనే ప్రసారితం అవుతున్నా యనీ, విద్యుత్ స్థితికీ ఆయస్కాంత స్థితికీగల ప్రత్యేక సంబంధంవల్ల కొన్ని పరిస్థితులలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రదేశంగుండా ప్రసారితం అయితీరుతాయనీ ప్రాయోగికంగా నిర్ధారితమయింది. ఈవిధంగా విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు జనించుతాయని మేక్స్‌వెల్ సైద్ధాంతికంగా చెప్పిన జోస్యాన్ని హెర్ట్జ్ ప్రాయోగికంగా కనిపెట్టాడు. విస్తృతమైన దూరాలగుండా సంజ్ఞలను పంపించడానికి ఈ విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలను శక్తివంతము లైన సాధనాలుగా వినియోగించవచ్చునన్న విషయాన్నీ, ఈ విధంగా రేడియోనీ ప్రప్రథమంగా

ఎ. ఎస్. పొపోవ్ ఆవిష్కరించాడు. కాంతికి ఉన్న అప్పటికి తెలిసిన లక్షణాలన్నీ ఈ విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలకి కూడా ఉన్నాయని — వాటిని పరావర్తనమూ, వక్రీభవనమూ, ధ్రువీకరణమూ చేయవచ్చుననీ, అవి వివర్తనమునకు కూడా లోనగుచున్నాయనీ — పి. ఎన్. లేబెదెవ్ తదితర శాస్త్రజ్ఞులు నిరూపించారు. ఈవిధంగా కాంతియొక్క ఒక కొత్త లక్షణం — అనగా కాంతి విద్యుదయస్కాంతిక సంఘటన అనే లక్షణం — ఆవిష్కరింపబడింది. కాంతికీ పదార్థానికీ వున్న అంతరక్రియను ఈ లక్షణంవల్ల మనం అర్థంచేసుకోగలుగుతున్నాం. పదార్థం విద్యుదావేశిత కణాలతో నిర్మితమయిందనీ, ఈ కణాలలో ధనకేంద్రకములున్నూ (న్యూక్లియస్సులు), వాటిని పరివేష్టించుతూ వున్న ఋణ విద్యుదా వేశముగల ఎలెక్ట్రానులున్నూ ఉన్నాయనీ, మనకి ఈనాడు తెలుసు. ఈ కణాల ప్రతీ చలనంవల్ల విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలు, అనగా కాంతి, జనించి తీరాలి. రెండోవైపున, అణువులనూ పరమాణువులనూ విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలు తాకినప్పుడు విద్యుదావేశిత కణాలకి ఈ తరంగాలు చలనం కల్పించుతాయి తత్ఫలితంగా ఈ తరంగాల శక్తి విశ్లేషణంపొంది విచూషణమయిపోతుంది.

ఇక ఈతర్ విషయంలో తటస్థపడిన చిక్కును గురించి ఆలోచించుదాం. కాంతి తరంగ యాంత్రిక సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈతర్ అంటూ వుంటేనే కాని వీలేలేదు; గాలికానీ మరియే ఇతర యానకంగానీ లేనియెడల శబ్దం ఎలా వుండజాలదో, అదే విధంగా ఈతర్ అంటూ ఒక యానకం లేకపోతే యాంత్రిక తరంగాలకి ఉనికే వుండదు. కాని కాంతి తరంగాలు విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలే అని రుజువయేటప్పటికల్లా పరిస్థితి పూర్తిగా మారిపోయింది. ఈతర్ అంటూ ఒకటి వుందా లేదా అనే విషయంతో ప్రమేయంలేకుండానే, విద్యుదావేశిత కణాల చుట్టూ విద్యుత్ క్షేత్రం ఉంటుందన్న విషయం ప్రఖ్యాతి చెందిన ప్రయోగాల యొక్క ప్రత్యక్ష నిదర్శనంవల్ల మనకి తెలుస్తూంది. విద్యుదయస్కాంతిక నియమాల ప్రకారం, క్షేత్రానికి చలనం కలిగిందంటే విద్యుదయస్కాంతిక తరంగాలు తప్పకుండా ఏర్పడి తీరుతాయి. విద్యుత్ క్షేత్రాలకి వాస్తవమయిన ఉనికి వుంది కాబట్టి, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కూడా ఉండి తీరాలన్నమాటే.

ఈతర్ భావన లేనిదే అసలు విద్యుత్ క్షేత్రాన్నే వివరణచేసి చెప్పడానికి వీలులేదా అనే ప్రశ్నని సహజంగానే లేవదియ్యవచ్చు. యాంత్రికమయిన ఈతర్ భావననుండి విద్యుత్, అయస్కాంతిక నియమాలను నిగమపద్ధతిద్వారా ఊహించడానికి స్వయంగా మేక్స్‌వెల్ చేసిన ప్రయత్నాలూ, అతని మొదలుకొని నేటివరకూ ఇతరులందరూ చేసిన అసంఖ్యాకములయిన ప్రయత్నాలు అన్నీ కూడా వ్యర్థములయిపోయాయన్న ఒక్క విషయం చెప్పితే అందుకు జబాబు సరిపోతుంది.

దీని ప్రమేయంలేకుండానే, ఇదివరకే మనం పేర్కొన్నట్టు, 19 వ శతాబ్దాంతానికి విద్యుదయస్కాంతశాస్త్ర పునాదులపైన నిర్మించిన కాంతితరంగ సిద్ధాంతం ఎట్టి సందేహాలకీ తావులేకుండా స్థిరపడిపోయింది. కాంతితరంగాల స్వభావం యాంత్రికంకాదని స్పష్టపడిపోగానే, ఈతర్‌కి ఉనికిలేదన్న న్యూటను వాదముయొక్క ప్రాముఖ్యతంతా పూర్తిగా పోయింది.

తరంగ సిద్ధాంతానికే అంతిమ విజయం లభించినట్టు కనబడింది. చాక్షుశాస్త్రంలోని అన్ని విషయాలనీ ''యథాస్థానాల్లో అమర్చిపెట్టడం కుదిరింది.'' కాని ఈ విజయం అట్టేకాలం నిలువలేదు. రేడియో కనిపెట్టిన ఐదు సంవత్సరాలకే కాంతిక్రియయొక్క క్వాంటం నియమాలు ఆవిష్కరింపబడ్డాయి (39 వ పుట). తరంగ సిద్ధాంతం దృష్ట్యా ఈ నియమాలు అనూహ్యాలు. అవిచ్ఛిన్నమైన తరంగాలచేత శక్తి మోసుకొనిపోబడుతూండే పక్షంలో, పూర్ణ ఏకాంకాల్లోనే శక్తి ఏవిధంగా విచూషణ కాగలుగుతుంది? ఈ ప్రశ్న తలెత్తి అప్పడే 30 సంవత్సరాలయింది; అయినా ఈ చిక్కు విడబడకుండా వుంది; తరంగ సిద్ధాంతం నేటికి కూడా ఈ ప్రశ్నకి అది సమాధానం ఇచ్చే స్థితిలో లేదు.

కాంతిక్రియయొక్క క్వాంటం నియమాలముందు తరంగసిద్ధాంతం ఏమీ చేతకాకుండా నిర్వీర్యమై వుంది. ఈ తరంగ సిద్ధాంతంయొక్క అసౌఖ్య స్థితిని చూస్తే ఉద్గమన సిద్ధాంత సందర్భంలో లొమొనోసొవ్ మాటలు మనకి గుర్తుకు వస్తున్నాయి: ''అసౌఖ్యమూ అసాధ్యమూ ఈ రెండూ ఇరుగుపొరుగులే'' అన్నాడు లొమొనోసొవ్.

అయినప్పటికీ, ''అసాధ్యం'' అనుకున్న ఉద్గమన సిద్ధాంతానికే నేడు సర్వజనాంగీకారం కుదిరే అవకాశం కనబడుతూంది. కాంతి కణాలు శూన్యంలోంచి కూడా ప్రసరించగలుగుతున్నాయి. అందుచేత వాటికి ఈతర్ అవసరం లేనేలేదు. అందుచేత ఈతర్‌వల్ల దానికేమీ చిక్కులు లేవు. క్వాంటం నియమాలకీ న్యూటన్ సిద్ధాంతానికీ పూర్తిగా సమన్వయం కుదురుతూంది కూడాను. అణువులు కాంతిని సంపూర్ణ క్వాంటములలోనే విచూషించుతాయి; కారణమేమిటంటే ఒక్కొక్క అణువును ఒక్కొక్క సంపూర్ణమైన కార్పసిల్ ఢీకొంటుంది; లేకుంటే అసలు ఢీకొనే ఢీకొనదు. ఈ హేతువును కాంతిక్రియకారణంగా రసాయనిక మార్పులు సంభవించినప్పుడు అణువులన్నీ కూడా ఏకకాలమందే విశ్లేషించబడక క్వాంటంచేత, అనగా కార్పసిల్‌చేత, ఎదుర్కొనబడిన అణువులు మాత్రమే విశ్లేషించబడుతున్నాయి. తరంగాలయొక్క దీప్తిని మనం తగ్గించివేసిన యెడల, వాటి ఊపును, అనగా వాటి పట్టును, తగ్గించేస్తున్నామన్నమాటే. కణముల ప్రవాహాన్ని తగ్గించి వేసిన యెడల, వాటి సంఖ్య మాత్రమే తగ్గుతుంది కాని, ప్రతికణంయొక్క సామర్థ్యం ఏ మాత్రమూ తగ్గిపోకుండా అలాగే వుంటుంది. పూర్ణ క్వాంటముల రూపంలో, అనగా కణముల రూపంలో కాంతి ప్రయాణం చేస్తూంది అని మాత్రమే ఉద్గమన సిద్ధాంతంలోని క్వాంటం నియమాలు భావించుతున్నాయి.

ఇలాగున్నప్పటికీ మిథోఘట్టనమూ, వివర్తనమూ, ఇంకా యితర కాంతి లక్షణాలలోనూ వున్న చిక్కులను తరంగసిద్ధాంతం స్వతహాగానే విడదీసి చెపుతూండగా, పునరుద్ధరింపబడిన ఉద్గమన సిద్ధాంతం మాత్రం ఈ సంఘటనలకు సరియైన వివరణలను ఇంతవరకు ఇవ్వ లేకుండానే వుంది.

ఈ హేతువుచేత చాక్షుషశాస్త్రంలో భరించరాని విషమ పరిస్థితి ఏర్పడింది. ఈ ప్రకరణం ఆరంభంలో ఉటంకించినటువంటి, కాంతి సిద్ధాంత సందర్భంలో నుడివినట్టి లోమొనోసావ్ చెప్పిన విషాద వాక్యాలనే, అందరు భౌతికశాస్త్రజ్ఞులూ పదేపదే చెప్పక తప్పింది కాదు. కాంతి స్వభావానికి పూర్తిగా పరస్పర విరుద్ధమయిన నిర్వచనాలను చెప్పే ఈ రెండు సిద్ధాంతాలున్నూ వాటి రాజ్యాలలో అవి సంపూర్ణ సార్వభౌమత్వాన్ని వహించి యేలుతున్నాయే కాని, ఒకదాని రాజ్యంలో ఒకటి మాత్రం కాలుపెట్టడానికి శక్తిలేకుండానే వుంటున్నాయి.

ఈ అంధకార విషమ పరిస్థితులలోనుండి ఏ విధంగా బయటపడడమా అని కొట్టు కొంటూండగా ఎన్నడూ అనుకోనటువంటి దిశనుండి ఆశాకిరణం ఒకటి ఉదయించింది. కాంతి స్వభావంగురించి రెండే రెండు భావనలు ఉండడానికి అవకాశం వుంది అన్న పర్యవసానానికి మనం ఎలా వచ్చామో ఆ సందర్భం కొంచెం జ్ఞాపకం చేసుకుందాం. శక్తి, కణరూపం లోనైనా పంపబడాలి, లేదా తరంగరూపంలోనైనా పంపబడాలి: ఈ రెండు యాంత్రిక విధాలు తప్ప మరొక మార్గం అంటూ లేనేలేదు అన్న విషయాన్ని అనుదినం మనం పరిపాటిగా చూస్తున్న సంగతులనుండి గ్రహించి అక్కడనుండి ముందుకి ఆలోచించాం. ఈ రెండింటినీ జతపరిస్తే మూడవ మార్గం అంటూ మరొక మార్గం లభిస్తుందీ అని మనకి సహజంగా తట్టుతుంది. అలాంటప్పుడు మనం "ఊహించుకో" గలిగినవీ, "గ్రహించుకో" గలిగినవీ ఈ మూడు మార్గాలే తప్ప ఇంకొకటి లేదు.

విస్తృతమైన దూరాలగుండా శక్తి ఏ విధంగా పార్రేషితమవుతూంది అనే సమస్యకి సంబంధించినంతవరకు, చాక్షుషశాస్త్రానికి పునాదులు వేసిన న్యూటన్‌చేతనే స్థాపించబడిన సాంప్రదాయిక యాంత్రికశాస్త్రం, మనకు దైనందినంగా పరిపాటి అయిన అనుభావలనీ వాటి పర్యవసానాలనీ గణితశాస్త్రరీత్యా సాధారణీకరణంచేసి చెపుతుంది. ఈ సాధారణీకరణానికీ మన సాధారణ అనుమానాలకీ ఏమీ వ్యత్యాసం వుండదు. "సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్రం" అని చెప్పబడే భౌతికశాస్త్రం న్యూటన్ నియమాలు అంతిమ సత్యాలనీ, వాటిని శంకించడానికి వీలులేదనీ పూర్తిగా విశ్వసిస్తుంది. కొన్ని నిర్దిష్టములైన శక్తులవల్లనూ న్యూటన్ నియమాలకు లోబడిన్నీ పరస్పరము బంధింపబడిన కణములయొక్క చలనములవల్లనే ప్రకృతి సంఘటనలన్నీ సంభవిస్తున్నాయని వివరింపడానికి యత్నించబూనిన "యాంత్రికవాద" ప్రకృతిశాస్త్రానికి ఈ విశ్వాసమే దారితీసింది.

ఈ నియమాలు అమోఘములు అనే నమ్మకానికి రెండు కారణాలున్నాయి. వాటిని మనం సులభసాధ్యంగా గ్రహించగలగడం, అవి శాస్త్రానికి బాహ్యమైన మన దైనందిన భావనలతో సరిపడుతూండం, అందుకు ప్రధానకారణం. ప్రకృతి శాస్త్రంలోనూ ఇంజినీరింగులోనూ సాంప్రదాయిక యాంత్రికశాస్త్రం సాధించిన విజయాలు రెండవ కారణం. అయినప్పటికీ న్యూటను నియమాలను సమర్థించే ఈ వాదనలు దోషరహితాలు కావని చెప్పడానికి ఏమాత్రమూ వీలులేదు. మన అలవాటులతో సరిపడే వాటినన్నిటినీ సులభసాధ్యంగా "గ్రహించగలిగినవి" అంటాం. ఉదాహరణకి, త్వరితగతిని సంచరించే పరమాణువుని గాలిలో ఎగిరిపోతూన్న తుపాకి గుండుతో సరిపోలుస్తాం. మనకి బాగా పరిచయం వున్న తుపాకి గుండును బట్టి పరమాణువుని మనం ఊహించుకొంటాం. అయినప్పటికీ పరమాణువు కంటే తుపాకి గుండే వాస్తవానికి లెక్కకుమించినన్ని రెట్లు క్లిష్టమైన నిర్మాణాన్ని కలిగివుందనీ సరళనిర్మాణం కలిగిన వస్తువనీ, మనకి పరిచితి అయిన క్లిష్టతర నిర్మాణమయిన వస్తువుకిందకి "తగ్గించి" వేస్తున్నామనీ మనకి బాగా తెలుసును. నియమాలూ సంఘటనలూ మనకి సులభంగా "గ్రాహ్యము" అవడం, వాటియొక్క సారళ్యానికిగాని సత్యానికిగాని నిదర్శనం కానేకాదు. మీదుమిక్కిలి కాలం గడచిన కొద్దీ మానవుడు అభివృద్ధి పొందుతున్నాడు. అతని అలవాట్లు మారుతున్నాయి, ఇదివరకు గ్రాహ్యంకానివెన్నో ఇప్పుడతనికి క్రమక్రమేణా స్వతస్సిద్ధంగానే అవగాహన అవుతున్నాయి. మనకి సామాన్యంగా వుండే అభిప్రాయాలు చాలావరకు సంఘటనలవాస్తవిక మార్గంతో సరిపోతూనే వున్నాయి. కాగా మానవుడు అభివృద్ధి చెందుతూన్నకొద్దీ సహేతుకంగా సత్యానికి మరింత దగ్గరదగ్గరగా చేరుతూంటాడు. కాని మన అభిప్రాయాలు పరమసత్యంతో సంపూర్ణంగా సరిపడాలని వాదించడం అంటే మానవాళి అవిచ్ఛిన్నంగా అభివృద్ధి అవుతూందీ అనే నిరాక్షేపణీయమైన సత్యాన్ని నిరాకరించడమే అవుతుంది. ఇదే క్లుప్తంగా చెప్పాలంటే, ప్రకృతి యంత్రంవంటిదనే నమ్మకమూ, న్యూటను నియమాలు అమోఘములనే నమ్మకమూ, "అలవాటు" అనే అస్థిరమయిన పునాదిపైనే ముఖ్యంగా ఆధారపడి వున్నాయి.

19 వ 20 వ శతాబ్దాల సంధికాలంలో ఒక్క కాంతి సంఘటనలోనే కాకుండా పదార్థముయొక్క లక్షణాలలోనే ఇంచుమించు అధిగమింప శక్యముకాని ఆంతరంగిక వైరుధ్యాలున్నట్లు బయటపడజొచ్చింది. ఒక వస్తువుయొక్క ద్రవ్యరాశి దాని వేగముమీద ఆధారపడివుంటుందని తెలిసింది; ప్రదేశమూ కాలమూ వీటిని గురించి ఇదివరకున్న అభిప్రాయాలనే మార్చుకోవలసి వుంటుందని కూడా తేటతెల్లం అయింది. "ద్రవ్యము మాయం అయిపోయింది — ఇక గణితశాస్త్ర సమీకరణం ఒక్కటే మిగిలింది" అంటూ ద్రవ్యము "ద్రవ్యరహితము అయిపోయిందని" వక్కాణించే భౌతికశాస్త్రజ్ఞులూ తత్వవేత్తలూ కొందరు

బయలుదేరారు. యాంత్రికవాద, అతిభౌతికవాదాత్మక భౌతికవాదం తన క్రమపరిణామాభివృద్ధిలో చిక్కులనీ వైరుధ్యాలనీ విధిగా ఎదుర్కొనవలసి వుండడాన్ని చూసి కొందరు శాస్త్రజ్ఞులు తమ వెనకటి అభిప్రాయాలు మార్చుకుని, బాహాటంగానో అన్యాపదేశంగానో భావవాద మిథ్యావాద భ్రాంతిలోకి దిగిపోతున్నారు. చావసిద్ధంగా వున్న పెట్టుబడిదారీ ప్రపంచంయొక్క సామాజిక పరిస్థితులు కూడా ఇందుకు దోహదంచేశాయి; పెట్టుబడిదారీ సమాజంయొక్క హింసా తత్వాన్నీ వంచననీ అస్థిరత్వాన్నీ అభ్యుదయ మానవాళి దృష్టినుండి మరుగుపరచడానికి కల్పించిన పొగతెరే యీ భావవాద భ్రాంతి.

అయినప్పటికీ ''సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్రాన్ని'' మూర్తీభవింపజేసినట్టు చెప్పు కొంటూన్న అతిభౌతికవాదాన్నీ, దానినుండి పుట్టిన ఈ నూతన భౌతిక భావవాదాన్నీ గతి తార్కిక భౌతికవాదం అధిగమించుతూంది. 1909 లో ప్రచురితమయిన ''భౌతికవాదమూ, ప్రత్యక్షానుభవయుత విమర్శనవాదము'' అనే ప్రఖ్యాత గ్రంథంలో వి. ఐ. లెనిన్ ఆధునిక భౌతికశాస్త్రానికి గతితార్కిక భౌతికవాద దృష్ట్యా ఒక నిగూఢమైన విశ్లేషణనిచ్చాడు.

ప్రకృతిని గతితార్కిక విధాన రీత్యా అధ్యయనం చేసే పద్ధతియొక్క ప్రధాన లక్షణాలు ఏమిటంటే: ప్రకృతిని అది అవిరతమైన చలన వికారస్థితులలో వుండే ఒక అవిచ్ఛి న్నమయినట్టిన్నీ సమన్వితమయినట్టిన్నీ సమగ్ర సంపూర్ణతగా భావిస్తుంది. ఇంతే కాకుండా, ప్రకృతిలో వున్న అన్ని వస్తువులలోనూ అన్ని సంఘటనలలోనూ ఆంతరంగిక వైరుధ్యం అంతర్జాతమైనదేనని అది బోధిస్తుంది.

ద్రవ్యాన్ని అతిభౌతికవాదాత్మకమైనట్టిన్నీ, యాంత్రిక వాదాత్మకమైనట్టిన్నీ దృష్టితో చూడడం బదులు, దానిస్థానే ద్రవ్యం బాహ్యగతాత్మక వాస్తవం అనే స్పష్టమైన విశాల గతితార్కిక భావంతో చూడాలి అని వి. ఐ. లెనిన్ తన ''భౌతికవాదమూ, ప్రత్యక్షాను భవయుత విమర్శనవాదము'' గ్రంథంలో చూపించాడు. వైరుధ్యాలూ చిక్కులూతోసహా ప్రకృతియొక్క ప్రతీ లక్షణమూ, ఆ లక్షణం వాస్తవంగా ఉన్న పక్షమందు ఇటువంటి భావంలో ఇమిడి తీరాలి.

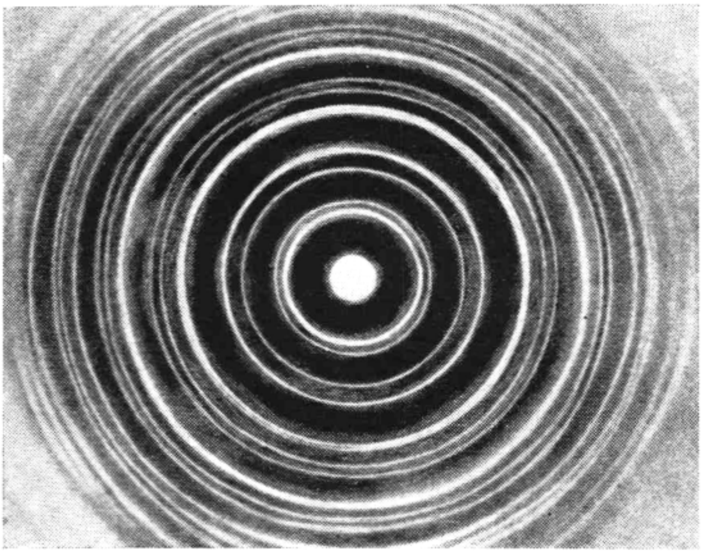
ఈ దృష్టితో చూస్తే, చాక్షుషశాస్త్ర పరిణామ ఫలితంగా సంభవించిన కాంతియొక్క తరళిత స్వభావ కణస్వభావ లక్షణాలలో వున్న ''అధిగమింపతరంగాని'' ఈ వైరుధ్యం, ప్రకృ తిలో వున్న గతితర్కంయొక్క శక్తుల, అనగా వ్యతిరేకశక్తుల వాస్తవిక ఐక్యతయొక్క నూతన మూర్తిత్వం తప్ప మరొకటి కాదు అని గోచరం అవుతుంది. సాంప్రదాయిక భౌతికశాస్త్రం ప్రకారం ఒక దానినొకటి మినహాయించే అవిచ్ఛిన్న తరంగాలూ వ్యష్టి కణాలూ అని చిక్కులు వీడదీసిన యాంత్రిక భావనలు, వాస్తవిక ప్రకృతి సంఘటనలలో బహు అన్యోన్యంగా కలిసి మెలసే వుంటున్నాయి. మన బుద్ధికి అసాధారణంగానూ పరస్పర విరుద్ధంగానూ కనబడే

ఈ ఐక్యత, మన యాంత్రిక భావాలయొక్క అసంపూర్ణతనే ఆదిమ స్వభావాన్నే బయట పెడుతుంది. మన అలవాటుకొద్దీ చిరకాలానుభవంకొద్దీ మనం స్వయంగా కల్పించుకొన్న అతిభౌతికవాదాత్మక బింబాలకంటె వాస్తవ ప్రపంచంయొక్క పదార్థం ఎన్నో రెట్లు క్లిష్ట తరమైనది.

ఈ విషయాన్ని విజ్ఞానశాస్త్రంయొక్క పురోగమనం రుజువుచేస్తోంది. సాంప్రదాయిక యాంత్రికశాస్త్రం సాధించిన విజయాలతో కలిసిన ప్రాయోగిక విధానం అత్యున్నత పరిణతిని చెందినప్పటికీ నూతన వాస్తవ విషయాలముందు ఈ యాంత్రిక శాస్త్రంయొక్క నిస్సహాయతా నిర్వీర్యములు స్పష్టంగా బయలుపడిపోయాయి.

ఇప్పుడు ఉనికిలో వున్న ఈ భౌతిక ప్రపంచాన్ని, అనగా చలనంలో వున్న ద్రవ్యాన్ని, మౌలికమైన రెండు రూపాల్లో — పదార్థంగానూ, కాంతిగానూ — మనం భావిస్తున్నాం. పదార్థంయొక్క రూపంలో ఎన్ని వైవిధ్యాలున్నప్పటికీ, అది రుణవిద్యుదావేశిత కణాలయిన ఎలెక్ట్రానులతోనూ, ధనవిద్యుదావేశిత కణాలయిన ప్రోటానులతోనూ, ఏ విద్యుత్తు ఆవేశమూ లేని న్యూట్రాన్ కణాలతోనూ చేయబడినదేనన్న నమ్మకానికి మనం క్రమేణా వచ్చాం. ఈ హేతువును తరంగ, కణ లక్షణాలను రెండింటినీ ఏకసమయంలోనే ప్రదర్శించుతూన్నట్టి కాంతిని కంటె పదార్థాన్ని అర్థం చేసుకోవడమే సులభతరం అయింది. చలనం అనేది కాంతియొక్క అవిభాజ్యమైన లక్షణం అయివుండగా, "చలనరహితమైన కాంతి" అనే భావనే అసందర్భంగా కనబడుతూన్నప్పుడూ, యాంత్రికవాద భౌతికశాస్త్రానికి మాత్రం "విశ్రాంతి స్థితిలో వున్న పదార్థం" గురించి పేర్కొనడానికి ఏ మాత్రపు అభ్యంతరమూ కనబడలేదు. చలనంలేని తరంగాలను ఊహించుకోవడమే మనకి కష్టం. "నిలకడగా వున్న తరంగాలు"అని భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు అనేటప్పుడు, వ్యతిరేక దిశలలో ఏకకాలమందు సమానములైన రెండు కంపన చలనములు పారప్రేషములయినప్పుడు సంభవించే ఫలమూ అనే భావంతో అంటాడు. ఇందుకు వ్యతిరేకంగా, పూర్తివిశ్రాంతి స్థితిలో వున్న వ్యష్టి కణాన్ని ఊహించుకోవడం మనకేమీ కష్టం కాదు. అయినప్పటికీ, గతితార్కిక భౌతికవాదదృష్ట్యా, చలనాన్ని పోగొట్టుకొన్న ద్రవ్యం — అనగా దాని అవిభాజ్యమయినటువంటి లక్షణాన్ని పోగొట్టుకొన్న ద్రవ్యము మాత్రం, కేవలం అమూర్తం. ఇటీవలి అనూహ్యమైనట్టి అద్భుతములయినట్టి ప్రయోగాలు నిరూపించినట్టు అది స్వచ్ఛమైన అమూర్తమే. సుమారు పాతికేళ్ల ముందే చేసిన ప్రయోగాలను బట్టి, ఎలెక్ట్రానులు, ప్రోటానులు, అణువులు ప్రవాహాలుగా సాగిపోతూండేటప్పుడు, వాటికి చిన్న వస్తువులేవేనా అడ్డుగా వచ్చినా, లేక ఆ ప్రవాహాలు చిన్న రంధ్రాలుగుండా వెళ్లవలసి వచ్చినా, కాంతివలెనే అవి కూడా స్పష్టమైన వివర్తన సంఘటనలనే ప్రదర్శిస్తాయనీ — అనగా, కాంతికి ముఖ్య లక్షణాలైన తరంగ లక్షణాలనే అవి కూడా కలిగి వుంటాయని, రుజువయింది.

సూక్ష్మములయిన వెండి స్ఫటికాలతో చేయబడిన సన్నని పొరగుండా ఎలెక్ట్రానులు ప్రవహించేటప్పుడు ఈ ఎలెక్ట్రానులు కలుగజేసే వివర్తన చిత్రమును 13 వ పటములో చూడవచ్చును. ఈ విధంగా ఏర్పడ్డ చిత్రము కాంతివల్ల ఏర్పడ్డ వివర్తన చిత్రమున్నంత స్పష్టంగానూ వుంది. ఈ వివర్తన చిత్రం కూడా ఎలెక్ట్రానులయొక్క, అనగా పదార్థం యొక్క, తరంగ స్వభావాన్ని అంత చక్కగానూ రుజువు చేస్తూంది.



13 వ పటం. సన్నని వెండి పొరగుండా ఎలెక్ట్రానులు ప్రసరించేటప్పుడు వాటి వివర్తన.

ఈ రోజుల్లో ఈ ''పదార్థ తరంగాల'' దైర్ఘ్యాన్ని అతి సునిశితంగా కొలవడానికి వీలవుతూంది. ఇది, h/mv కి సమానంగా వుంటుంది. ఈ h, వెనుక కాంతియొక్క లక్షణాలని పరిశీలించినప్పుడు మనకి తటస్థపడిన h అనే స్థిరాంకమే (39 వ పుట); m కణముయొక్క ద్రవ్యరాశి, v కణముయొక్క వేగము.

ఎలెక్ట్రానులూ, పరమాణువులూ, అణువులూ, మౌలికమైన కణాలుకాబట్టి ఇవి మాత్రమే తరంగ స్వభావాలని కలిగి వున్నాయని మనం అనుకోనక్కర లేదు. పదార్థసంచయం ఏ రూపాన్ని ధరించినా సరే — మనిషే కానివ్వండి, ట్రాంబండే కానివ్వండి, సూర్యగోళమే కానివ్వండి — వ్యక్తిగతమైన ప్రతి పదార్థసంచయమూ, దాని ద్రవ్యరాశికీ వేగానికీ అనుగుణమైన ఒక తరంగాన్ని లక్షణంగా కలిగి వుంటుంది.

నిర్దిష్ట ప్రకృతిశాస్త్ర చరిత్ర అంతటిలోనూ ఇంత అనుకొనని ఆవిష్కరణ, మనకి పరిపాటి అయిన భావనలకి ఇంత స్పష్టంగా వ్యతిరేకంగా వున్న ఆవిష్కరణ మరొకటి వున్నట్టు ఎక్కడా కనబడడం లేదు.

చాక్షుషశాస్త్రంలో సంభవించినదే సరిగ్గా యాంత్రిక శాస్త్రంలో కూడా సంభవించింది. పురాతనకాలపు కాంతిశాస్త్రం కాంతి కిరణపుంజాన్ని సరళరేఖలలో ప్రయాణం చేస్తూన్న కిరణగుచ్ఛంకింద నిర్వచించింది. కాని, దారిలో చిన్న అడ్డంకులు, చిన్న రంధ్రాలు లేనప్పుడు, కాంతి గుచ్ఛమువలె సరళరేఖలోనే ప్రయాణంచేస్తుందనీ, అవి వుంటే తరంగ లక్షణాలనే ప్రదర్శిస్తుందనీ వివర్తన సంఘటనవల్ల మనకు రుజువు అవుతూంది. క్షేత్రగణిత చాక్షుషశాస్త్రము తరంగ చాక్షుషశాస్త్రాన్ని మరుగుపరచేసింది. న్యూటన్‌యొక్క యాంత్రిక శాస్త్రం ''కిరణ యాంత్రికశాస్త్ర''మే. కాని మరింత సాధారణ ''తరంగ యాంత్రిక శాస్త్రా''న్ని న్యూటను యాంత్రికశాస్త్రం మరుగు పరిచిందని ఈనాటి ఆవిష్కరణలవల్ల మనకిప్పుడు తెలుస్తూంది.

అయితే మాత్రం, పైన చెప్పిన దాన్నిబట్టి, ''పదార్థ తరంగాలూ,'' కాంతి తరంగాలూ ఒకటే అని ఎంత మాత్రమూ అనుకోగూడదు. కాంతి కిరణాలు విద్యుదయస్కాంతిక స్వభావముకలవని మనం ఇదివరకు తెలుసుకున్నాం. పదార్థతరంగాలు ఇలాంటివని చెప్పడానికి వీలులేదు. నిర్మాణంలో పదార్థతరంగాలు పదార్థానికీ, అవి చేయబడిన కణాలకీ అనురూపాలు. కాంతి కిరణాలు పదార్థములచేత వికిరణములవుతాయి, పదార్థాలచే ప్రసరింపబడుతాయి, కాంతి కిరణాలకి పూర్తిగా భిన్నములయిన లక్షణాలు వుంటాయి.

కణసిద్ధాంతం పోయి దాని స్థానే అంతకంటే నిశితమైన తరంగసిద్ధాంతం వచ్చిందనుకోవడం కూడా గొప్ప పొరపాటే అవుతుంది. పదార్థ తరంగాలూ కాంతితరంగాలూ ఎంత వాస్తవంగా మనుతున్నాయో పదార్థంలో కణాలు, పరమాణువులు, ఎలెక్ట్రానులు, దీప్తి ప్రవాహాల్లో క్వాంటములు అంత వాస్తవంగా ఉనికి కలిగివున్నాయి. కణముల, తరంగముల యాంత్రిక సంయోగమని పదార్థానికి నిర్వచనం చెప్పడానికి ప్రయత్నాలు జరగకపోలేదు; ఈ వివరణప్రకారం, తరంగ ప్రసార నియమాలను అనుసరించి తరంగాలు చోదకుని పాత్రనే వహించి కణాన్ని నడుపుతున్నాయట. దీనినే ఇటునుండి అటు, అనగా పడవ ప్రయాణంచేస్తూండగా, ప్రయాణ ఫలితంగా పడవ వెనకతట్టు సంభవించే నీటిపొంగు మాదిరిగానే కణాలు కూడా ఈథర్‌లో తరంగాలను కలిగిస్తాయని చెప్పడానికి అవకాశం వుందని వెంటనే మనకి తట్టుతుంది. అయినప్పటికీ, ఈ ప్రమేయాలనుండి సంభవించే తీర్మానాలకీ, అసలు వాస్తవానికీ ఎక్కడా పోలికేలేదని చెప్పాల్సి వుంది.

కొన్నిరకాల ప్రయోగాల్లో (ఉదాహరణకి: న్యూటను వలయాల ప్రయోగాల్లో), కాంతి కేవలం తరంగ చలనంలాగే ప్రవర్తిస్తుందనీ, కొన్ని ప్రయోగాల్లో (ఉదాహరణకి: రంగుగుడ్డ ఎండకు వెలిసిపోవడంలో), కేవలం కణముల ప్రవాహంలాగే ప్రవర్తిస్తుందనీ అభిప్రాయం ఒకటి సామాన్యంగా వ్యాప్తిలో వుంది. అయినప్పటి ఇది పొరపాటే. న్యూటను ప్రయోగాన్నే మసకగా వెలుగుతూన్న దీపంతో జరిపినట్టయితే, కాంతి వలయాల తీక్ష్ణతలో, గణాంకశాస్త్ర దృష్ట్యా అప్రక్రమంగా సంభవించే భేదాలను కొన్ని పరిస్థితులలో కనిపెట్ట డానికి వీలుంటుంది. అచ్చమైన తరంగ సంఘటనకి చక్కని దృష్టాంతంగా పేర్కొనదగిన ఈ ఉదాహరణలో, దీప్తిశక్తి ప్రత్యేకమైన కేంద్రాలలోనే — అనగా ఫోటాన్‌లలోనే — సాంద్రీ కృతమైందని కూడా ఈ సంఘటన తెలుపుతూంది. అంతేకాకుండా, దీనికితోడు, సన్నటి చీలికలగుండా ప్రసరించే కాంతి రంగుగుడ్డమీద పడితే కాంతి ప్రభావంకింద ఆ గుడ్డ వెలిసి పోయిన తరువాత, ఈ ప్రక్రియ వివర్తన చిత్రాలను ప్రదర్శిస్తుంది.

ద్రవ్యం, అనగా పదార్థమూ కాంతీ కలిసినటువంటిది, తరంగ లక్షణాలనీ కణముల లక్షణాలనీ ఏకసమయంలోనే కలిగి వుంటుంది; కాని మొత్తంమీద, అది కేవలం తరంగాలూ కాదు, కేవలం కణాలూ కాదు, రెండింటి మిశ్రమం కూడా కాదు. మనకి సులభంగా గ్రాహ్యం అవడానికిగాను చాక్షుష బింబాలు లేకపోవడాన్ని, ఈ వాస్తవాన్ని మన యాంత్రిక భావనలు సంపూర్ణంగా గ్రహించలేకుండా వున్నాయి.

నేటివరకు మనకి తెలిసిన దృగ్విషయ ప్రపంచసంఘటనలన్నింటినీ సమన్వయం చేస్తూ ఊహించి చెప్పిన వ్యావహారిక గణితశాస్త్రీయ కాంతి సిద్ధాంతం ఒకటి వుంది; కాని ఇది పరిపూర్ణ పరిణతి చెందినదని చెప్పడానికి వీలులేదు. అయినప్పటికీ నేటివరకూ కూడా ఇది అత్యంత క్లిష్టంగానూ, (చాక్షుష బింబాలులేని కారణంచేతనే) "దుర్గ్రాహ్యం"గానూ వుంది.

ఈ ప్రకరణం ఆరంభంలోనే మనకి తటస్థపడిన చిక్కును గురించి ఇప్పుడిక ఆలోచించు దాం. కాంతిశాస్త్రం దేన్ని గురించైతే బోధిస్తుందో ఆ వస్తువును నిర్వచించే ప్రయత్నంలో మనకి తటస్థించిన చిక్కులు పాఠకుని బహుశా జ్ఞాపకం వుండొచ్చు. ఈ విషయం ఇప్పుడే మేనా స్పష్టం అయిందా? — అంటే సూత్రప్రాయంగా స్పష్టం అయిందనే చెప్పాలి. ద్రవ్యం యొక్క కడమ రకములనుండి కాంతిని వేరుపరచడానికి వీలుగా వుండే కాంతియొక్క భౌతిక లక్షణాలలో ముఖ్యమైన వాటిని కొన్నింటిని క్రమేణా స్థిరపరచాం. కాని ఈ విశిష్ట లక్షణాల నన్నింటినీ ప్రాయోగికంగా, అందులోనూ వాటినన్నిటినీ మొత్తంగా తీసుకొని అనుప్రయుక్తం చేయడం, కొన్నికొన్ని సందర్భాల్లో ఇంకా చాలా కష్టంగానే వుంటూంది.

గతశతాబ్ది చివరి సంవత్సరాలలో, కేథోడ్ కిరణాలు పదార్థమా వెలుగా అనే విష యాన్ని ఇదమిద్ధంగా భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు చాలా కాలంవరకూ నిశ్చయించ లేకపోయారు. కేథోడ్

కిరణాలకి రుణవిద్యుదావేశం వుందని ప్రాయోగికంగా నిరూపించే పరికల్నా ఈ సంశయం తీరిపోయింది. ఎక్సుకిరణాల స్వభావమూ కాంతి కిరణాల స్వభావమూ ఒక్కటేనన్న వాస్తవ విషయం చాలా మందికి చాలా కాలంవరకూ అనుమానాస్పదంగానే వుండిపోయింది. 1913 లో ఎక్సుకిరణాలయొక్క వివర్తన నమూనాల అవేక్షణ అయిన తరువాతనే ఈ అనుమానం తీరి, రెండు ఒకటే అన్న అంతిమ నిశ్చయానికొచ్చారు భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు. న్యాయతః, విద్యుదావేశిత కణాలతోనూ, అనగా ఎలెక్ట్రానులతోనూ, ప్రోటానులతోనూ, ఆలాగునే విద్యుదావేశరహిత కణాలైన న్యూట్రానులతోనూ వివర్తన అవేక్షించిన తరువాత మళ్లీ మరొక సారి ఈ తీర్మానాన్ని పరీక్షించడం అవసరం. చిట్టచివరకు, ఎక్సుకిరణాలయొక్క విద్యుదయస్కాంతిక లక్షణాలను ప్రదర్శించే మొత్తం అన్ని లక్షణాల సముదాయమూ ఎక్సుకిరణాలకి ఉన్నట్టయితేనే, ఎక్సుకిరణాలయొక్క కాంతిగుణ స్వభావం నిస్సందేహంగా రూఢి అవుతుంది.

విశ్వాంతరాళంనుండి అన్ని దిశలలోనూ వ్యాపించుతూ భూగోళంమీద పడుతూ, అత్యంత వేధన (దూసుకుపోయే) శక్తిని గలిగిన కాస్మిక్‌కిరణాలు అని చెప్పబడే వీటి స్వభావం గురించి, గత అనేక దశాబ్దాలుగా పరిశోధకులు తమ అభిప్రాయాలను తరుచు మౌలికంగానే మార్చుకుంటూ వచ్చారు. రేడియమ్‌వలన ఉద్గారితమైన గామా కిరణాలకంటెనూ సగటున కురచగా వుండే తరంగదైర్ఘ్యము గలిగిన కాంతి కిరణాలే కాస్మిక్‌కిరణాల్లో ముఖ్యంగా వుంటాయని గత రెండు శతాబ్దులవరకూ నమ్ముతూండేవారు. అయితే ఇటీవల మాత్రం, భూమియొక్క ఆయస్కాంతిక క్షేత్రంవల్ల ఈ కాస్మిక్‌కిరణాలు విక్షేపింపబడుతున్నాయనీ ఈ హేతువును ఇవి విద్యుదావేశిత కణాలతో నిర్మితమయాయనీ నిరూపించబడింది. ఈ సందర్భంలో, ప్రాథమిక కాస్మిక్‌కిరణాలు ఎలెక్ట్రానులతో నిర్మితమయాయని మొట్టమొదటలో ప్రమేయం ఒకటి ఉంటూ వచ్చింది. కాని ఇటీవల జరిగిన ప్రయోగాల ఫలితంగా, అందులోనూ ముఖ్యంగా సోవియట్ భౌతికశాస్త్రజ్ఞులచే వాతావరణముయొక్క ఊర్ధ్వతలములలో జరిపిన ప్రయోగాల ఫలితంగా, ప్రాథమిక కాస్మిక్‌కిరణాలు ముఖ్యంగా ధనవిద్యుదావేశితమైన ప్రోటాన్‌లను కలిగి వుందని నిస్సందేహంగా నిర్ధారణచేయబడింది. కాస్మిక్‌కిరణాలయొక్క వేగం చాలా హెచ్చు అయినదనీ, ఇంచుమించు కాంతివేగంతో సమానమైనదనీ, మనం గుర్తుంచుకోవాలి.

ఏ సంఘటనైనాసరే అది నిర్దిష్టంగా కాంతి స్వభావాన్ని కలిగినదే అని ప్రాయోగికంగా నిరూపించడం ఎంత కష్టమో ఈ ఉదాహరణవల్ల స్పష్టంగా తెలుస్తూంది.

శాస్త్రీయంగా సంఘటనలను లోతుకి పోయి పరిశీలిస్తున్న కొద్దీ, వివిధ పదార్థ రూపాలలోనూ, వివిధ కాంతి రూపాలలోనూ వున్న వాస్తవిక ద్రవ్యంయొక్క అనంతమైన నిజ స్వరూపవైవిధ్యం మరింత స్పష్టం అవుతూంటుంది. పదార్థంయొక్క లక్షణాలలోనూ కాంతి

14 వ పటం. గామా కాంతి క్వాంటంనుండి ఎలెక్ట్రాన్ – పోసిట్రాన్ జంట ఏర్పడుట. పైపటంలోవున్న అయస్కాంతక్షేత్రంలో పోసిట్రాన్ ఎడమవైపునకూ, ఎలెక్ట్రాను కుడివైపునకూ విచలనం అయిపోతున్నాయి. (అ.వి.గ్రోషెవ్,ఐ.ఎమ్. ఫ్రాంక్ ఫోటోగ్రాపు)·

యొక్క లక్షణాలలోనూ సామాన్యమైనవి (తరంగ లక్షణాలు, కణ లక్షణాలు, క్వాంటం నియమాలు మొదలైనవి) ఎన్నో ఉన్నప్పటికీ, ఫిడేలుకీ ఫిడేలునుండి ఉద్గమిస్తూన్న శబ్దానికీ, రేడియో ప్రసారయంత్రానికీ వైర్‌లెస్ తరంగాలకీ మధ్య వున్న భేదంలాగే, కాంతీ పదార్థమూ రెండూ ప్రధానంగా విజాతీయములే అని మనం ఇంతవరకూ భావించాం. కాని, సుమారు పాతికేళ్ళ క్రితం కాంతిశాస్త్రంలో మరొక అద్భుతమైన ఆవిష్కరణ జరిగింది.

పైన పేర్కొన్న నియమానుసార గణితశాస్త్రీయ కాంతిసిద్ధాంతాన్ని ప్రాతిపదికగా తీసుకొని, కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితులలో కాంతి పదార్థంకిందనూ, పదార్థం కాంతికిందనూ మారిపోతుందనే వాదాన్ని ప్రతిపాదించిన డిరాక్ సిద్ధాంత రీత్యా నిర్ణయించాడు. పరమాణు కేంద్రకం ("న్యూక్లియస్") యొక్క శక్తివంతమైన విద్యుత్ క్షేత్రంలో, సుమారు 0.001 mμ అంత కురుచగానున్న తరంగదైర్ఘ్యాన్ని కలిగిన కాంతిక్వాంటములు, పరస్పర విరుద్ధములైన విద్యుదావేశములను కలిగిన రెండు కణములకింద – ఒక ఎలెక్ట్రానుకిందనూ ఒక పోసిట్రానుకిందనూ – ఒక్కొక్కటి విశ్లేషణం అయిపోతుందని డిరాక్ సిద్ధాంతం ప్రవచించింది. ఈ జోస్యం అత్యంత ఆశ్చర్యకరంగా వుండి ఊహించుకోవడానికే వీలులేకుండా వున్నప్పటికీ, ఇది పూర్తిగా వాస్తవమేనని ప్రాయోగికంగా నిరూపించబడింది. కాంతి పదార్థంగా మారిపోతుందని ప్రయోగాత్మకంగా నిర్ధారణ అయింది. ఈ అద్భుతమైన విధానాన్ని 14 వ పటంలో మనం చూడగలం. ఇటువంటి ఫోటోగ్రాపును తీయగల్గే సాధ్యత అత్యంత వేగం కలిగిన విద్యుదావేశిత కణాలు నీటి ఆవిరితో సంతృప్తమైన వాయువుగుండా వెళుతూన్నప్పుడు సంహత జలబిందువులను జాడలుగా దిగవిడుస్తాయనే వాస్తవవిషయంపైన ఆధారపడి వుంది. పరస్పర విరుద్ధములైన విద్యుదావేశములను కలిగి వున్న ఈ కణాలు, అనగా ఎలెక్ట్రానూ పోసిట్రానూ, శక్తివంతమైన ఆయస్కాంతిక క్షేత్రంగుండా ప్రయాణంచేస్తాయి.

తత్ఫలితంగా రెండింటి మార్గాలూ పరస్పర విరుద్దదిశలలో ఒక దానినుండి ఒకటి విడి పోవడం సంభవిస్తుంది.

కాంతి స్వభావం కలిగిన ఒక గామా కిరణం, రెండు పదార్థాకణములుగా మారిపోవడం అనే అత్యాశ్చర్యకరమైన సంఘటనను మనకి ఫోటోగ్రాఫు ప్రత్యక్షంగా కనబరుస్తూంది. ఫిడేలు లోనుండి వెలువడే గానమే ఫిడేలు రూపంలోకి మారిపోతే ఎంత చోద్యంగా వుంటుందో, ఇది కూడా అచ్చంగా అంత చోద్యంగానే వుంది!

ఈ సంఘటను వివరించి చెప్పడానికి, సూత్రప్రాయంగా — తత్కారణంగా అసంతృప్తి కరంగానే వుంటూన్న — డిరాక్ సిద్ధాంతం తప్ప మరొక విధంగా చెప్పడానికి శాస్త్రానికి వీలుకాకుండా వుంది. అది అలా వున్నప్పటికీ, ఇంతవరకూ ఎన్నడూ అనుకోనట్టిన్నీ నిగూఢమైనట్టిన్నీ, కాంతికీ పదార్థానికీ వున్న ఈ సంబంధం ఇప్పుడు బహిర్గతమైంది. ప్రకృతియొక్క మరొక్క అంశాన్ని మానవుడు తన వశంచేసుకున్నాడు.

* * *

వర్ణము, దీప్తి అనే స్వకీయగతాత్మకములైన దృష్ట్యనుభూతులతో ప్రారంభించి, చాక్షుష శాస్త్ర చరిత్రను క్రమక్రమంగా అవగాహన చేసుకుంటూ, చివరకి బాహ్యగతాత్మక కాంతి శాస్త్రముయొక్క నేటి క్లిష్ట పరిస్థితిని అర్థంచేసుకొనేంతవరకూ వచ్చాం. కాంతి స్వభావాన్ని గురించి ప్రతిపాదించబడిన వివిధాభిప్రాయాల పరిణామాలనూ వాటి ఆఖరి దశనీ వివరించి చెప్పిన కథయొక్క సమాప్తి పాఠకునికంతగా సంతృప్తికలిగించకపోవచ్చును. ఈ పొడుపు కథ కింకా సమాధనం, ఈ మాటకున్న మామూలు అర్థం ప్రకారం, దొరకలేదనే చెప్పాలి; కాగా, న్యూటన్ లొమొనోసొవ్‌ల కాలంలో కంటె ఇప్పుడు మరింత క్లిష్టమైపోయింది కూడాను. అయితేనేమి, వాస్తవమైన విజ్ఞానశాస్త్రంలోని ప్రతి రంగానికి ఈ దశ తప్పదు. సత్యానికి మనం ఎంత దగ్గరగా వస్తూంటే దానియొక్క క్లిష్టత మరింత స్పష్టంగా గోచరిస్తూ దానియొక్క అఖండ స్వభావం మరింత నిర్దుష్టంగా ప్రత్యక్షం అవుతూంటుంది. సత్యాన్వేషణకై విజ్ఞానశాస్త్రం సలిపే నిర్విరామ సంఘర్షణలు విజయవంతంగానే సాగుతూన్నప్పటికీ ఆ సంగ్రామంలో అంతిమ విజయం అంటూ వుండదు. అయినప్పటికీ ఆ సంఘర్షణలను జరిపి తీరాలనడంలో ఎట్టి సందేహమూ లేదు. కాంతియొక్క స్వభావాన్ని గ్రహించడానికి మానవుడు చేపట్టిన మార్గంలో సూక్ష్మదర్శని (మైక్రాస్కోపు), దూరదర్శని (టెలిస్కోపు), దూరప్రాప్తిదర్శి (రేంజిఫైండర్), రేడియో, ఎక్సుకిరణాలను అతడు తన వశం చేసుకున్నాడు. ఈ రంగంలో కావించిన పరిశోధన సహాయంతో పరమాణువు కేంద్రకం

(న్యూక్లియస్) యొక్క శక్తిని తన అదుపు ఆజ్ఞల్లో పెట్టుగలిగాడు. ఈ సత్యాన్వేషణలో ప్రకృతిపై తనకున్న సార్వభౌమత్వాన్ని నిరవధిగా విస్తరిస్తూనే వుంటాడు. ఇదేకదా విజ్ఞాన శాస్త్రంయొక్క పరమావధి? కాంతిశాస్త్ర చరిత్ర, దాని స్వభావ స్వరూపాన్వేషణ, ఇంకా ఇంతటితో సమాప్తిచెందదనీ, ముందుకు జరగవలసినది ఇంకా ఎంతో వుందనీ మన సంపూర్ణ విశ్వాసం; ఈ రంగంలో విజ్ఞానశాస్త్రం సాధించబోయే నూతన విజయాలింకా భావికాలంలో ఎన్నో వున్నాయనడంలోనూ, అంతిమ సత్యాన్ని మనం సమీపించి తీరుతామనే నమ్మకంలోనూ, ఇంజినీరింగుశాస్త్రం నూతన సాధనాలనీ నూతన విధానాలనీ సాధించుతుందనడంలోనూ ఎట్టి సందేహమూ లేదు.

సూర్యుడు

జగత్తుకి మధ్యలో సూర్యుడున్నాడు. ఈ సర్వశోభిత మైన విశ్వదేవాలయంలో ఈ జ్యోతిని ఇంతకంటె మరి ఒక చక్కని స్థానంలో ఉంచడం ఎవ్వరికీ సాధ్యం కాదు. విశ్వ మంతటినీ సరిసమానంగా వెల్తురుతో నింపడానికి ఇంత కంటె మంచి స్థానాన్ని మరొకదానిని ఎంచడం దుస్సాధ్యం. తత్కారణంగానే సూర్యుడికి "విశ్వదీపం" అని కొందరూ, "జ్ఞానం" అని కొందరూ, "ప్రభువు" అనీ, త్రిస్మెహిస్టు — "ప్రత్యక్ష దైవము" అని కొందరూ, "ఎలెక్ట్రా — సర్వసాక్షి" అని సోఫోక్లిసూ — నామాంతరాలిచ్చారు. ఈ విధంగా, సింహాసనంమీద కూర్చుని తన చుట్టూ వున్న నక్షత్ర కుటుంబాన్ని ఏలుతూనట్టు సూర్యుడిని వర్ణిస్తారు.

నికొలాస్ కొపర్నికస్

" 'సూర్యచంద్రులలో ఎవరు మనకి ఎక్కువ ఉపయోగకరం?' అని ఎవరేనా మిమ్మల్ని ప్రశ్నిస్తే, 'చంద్రుడు' అని చెప్పండి. ఎంచేతంటారా? మంచి వెలుగ్గావున్న పగటిపూట అనవసరంగా సూర్యుడు ప్రకాశిస్తూంటే, చీకటిగా వున్న రాత్రిపూట చంద్రుడు ప్రకాశిస్తూంటాడు," అని కొజ్మా ప్రుత్కోవ్* ఒక శాస్త్రం చెప్పాడు. హాస్యానికి వ్యంగ్యంగా చెప్పిన ఈ అసందర్భాన్ని పాఠకులెవ్వరూ నమ్మరు అని వేరే చెప్పక్కరలేదు. సూర్యుడు ప్రకాశిస్తూండబట్టే పగటిపూట వెల్తురుగా వుంటూంది. సూర్యుడు మరెక్కడో ప్రకాశించు

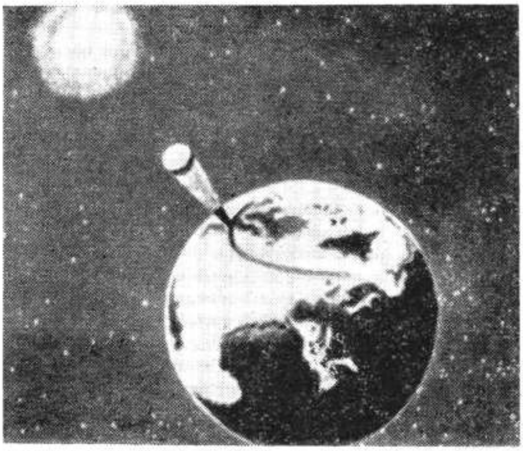
---

* కొజ్మా ప్రుత్కోవ్ అన్న మారుపేరుతో రష్యను రచయితలు కొందరు (ఎ. తొల్స్తోయ్, జెమ్చూజ్నికొవ్ సోదరులూ) కలిసి హాస్యరసమైన పద్యాలు, కట్టుకథలు, నీతివాక్యాలు మొదలైనవి రచించారు. కల్పిత రచయిత తన భావాల్లో ప్రదర్శించిన అత్యంత అసందర్భమూ, విపరీతమైన పేలవమూ, భావరాహిత్యమూ ఈ వ్యంగ్య రచనలోని విశేషాలు. — సం.

ఎన్. కొపర్నికస్ (1473–1543)

తూండడంవల్ల, అతని కిరణాలు చంద్రునిమీద పడి పరివర్తనం చెంది, భూమిమీద పడడం చేత రాత్రిపూట చంద్రుడు మనకి వెలుగు ఇస్తున్నాడు. సూర్యుని కిరణాలు సరాసరి మనమీద పడకుండా వుండేందుకు అంచువున్న టోపీనో, గొడుగునో ధరించవచ్చు. అంత మాత్రంచేత గాలినీ. మేఘాలనూ పొలాలనూ మన చుట్టూ వున్న అన్ని వస్తువులనూ ప్రకాశింపజేయకుండా సూర్యుడిని మనం అడ్డుకోలేకుండా వున్నాం. మేఘాలొచ్చి సూర్యుడిని అడ్డేయవచ్చు. అయిన ప్పటికీ సూర్యకిరణాలు గాలివల్ల పరిక్షేపణచెంది యథాప్రకారంగా భూమిని ప్రకాశింప జేస్తున్నాయి. ఇదీలాగు ఉన్నప్పటికీ, సూర్యునికీ భూమికీ మధ్య ఎంతో దూరంలో పెద్ద అపారదర్శక వస్తువు ఒకటి వచ్చిన యెడల, సూర్యునినుండి వచ్చే సరాసరి కిరణాలని భూమి వాతావరణంలోనుంచి చొరనివ్వకుండా ఇది అడ్డివేయవచ్చును. అలాంటి సందర్భంలో వెల్తురు అదృశ్యమైపోతుంది. సూర్యగ్రహణం సంభవించేటప్పుడు, అనగా భూమి, చంద్రుడు, సూర్యుడు ఒకే సరళరేఖలో వున్నప్పుడు, ఇదే జరుగుతుంది. ఈ సంఘటనలో వున్న ఆంతర్యం 15 వ పటంలో చిత్రించబడింది.

మనుష్యునిమీద పడుతూన్న వెల్తురుకి (దృశ్యకిరణాలతోనూ, అదృశ్యకిరణాలతోనూ సహా), మూడు వివిధ కారణాలుండొచ్చు. భూమిమీద నేరుగా పడే సౌర సరళరేఖా కిరణాలను



15 వ పటం. సూర్యగ్రహణంయొక్క రేఖాచిత్రం.

మన కళ్లలో పడకుండా వుండేటట్టు ప్రయత్నిస్తాం. మన కళ్లయొక్క అక్షములు మామూలుగా క్షితిజదిశలో వుంటాయి. అందుచేతే ఒక్క సూర్యోదయ సూర్యాస్తమయ సమయాల్లోనే సూర్యుడు మన కళ్లకి ఎదురుగా వుంటాడు. పగటిపూటప్పుడల్లా అవిచ్ఛిన్నంగా మన కళ్లలోకి పడే కిరణాలన్నీ విశ్లేషితమైన సూర్యకిరణాలే. గాలిలో వుండే అణువులవల్ల సూర్యకిరణాలు విశ్లేషితం అవడంచేతనే ఆకాశం నీలవర్ణంగా అగుపడుతూంటుంది మనకి. విశ్లేషణం చేస్తూన్న కణాలు అత్యంత సూక్ష్మములే అయినయెడల, కురుచని తరంగదైర్ఘ్యంగల కిరణాలనే (అనగా, దృశ్యవర్ణమాలలోని నీలం, ఊదా వర్ణాలనే) ఇవి చాలా మటుకు విశ్లేషిస్తాయి. కాని, కణాలు పెద్దవే అవుతే మాత్రం, కురుచని తరంగదైర్ఘ్యాన్నిగల కిరణాలనేకాకుండా పొడుగు తరంగదైర్ఘ్యాన్నిగల కిరణాలని కూడా అవి చాలావరకు విశ్లేషిస్తాయి. ఈ సంగతి మనం సిగరెట్టును వెలిగించేటప్పుడు మనకి స్పష్టంగా కనపడుతుంది. కాలుతూన్న సిగరెట్టు చివరనుండి వచ్చేపొగ నీలంగా వుండగా, నోటిలో పెట్టుకునే చివరనుండి వచ్చేపొగ తెల్లగా వుంటుంది. పొగలో వుండే కణాలు పొగాకుద్వారా వెలువడేటప్పుడు అవి ఒకదానితో ఒకటి కూడుతాయి; అనగా అవి పెద్దవవుతాయి. మేఘాలలో వున్న తేమ కణాలు సాపేక్షంగా పెద్దవిగానే వుండే కారణంచేత, మేఘాలవల్ల పరిక్షేపణమైన కాంతి తెల్లగా వుండగా, నిర్మలంగా వున్న ఆకాశం నీలంగా వుంటుంది. భూమి చుట్టూ వాతావరణమే గనుక లేకపోయినట్టయితే, కారునలుపు ఆకాశంలో సూర్యుడు వున్నట్టు మన కనబడి వుండేది.

స్తరావరణములో 20–22 కిలోమీటర్ల ఎత్తున ఎగురుతూన్న బెలూనుయొక్క గుమ్మటంలోనుండి చూస్తూన్న అవేక్షకులకి ఊర్ధ్వంగా వున్న ఆకాశం ఇంచుమించు నల్లగానూ ఆ నల్లని ఆకాశంలో సూర్యుడు ప్రకాశమానంగా వెలుగుతూన్నట్టూ కనబడింది.

సూర్యోదయమూ సూర్యాస్తమయమూ, పొలాలూ అడవుల సచ్ఛదనమూ, మంచు

యొక్క తెల్లని తెలుపూ, చంద్రుని ప్రకాశమూ — ఇదంతా కూడా పరావర్తనమైన సూర్య కాంతే, లేదా విశ్లేషణమైన సూర్యకాంతే తప్ప మరొకటి కాదు.

సూర్యునినుండి వచ్చే సరాసరికిరణాలూ, విశ్లేషిత కిరణాలే కాకుండా, సూర్యునితో సంబంధం లేకుండా స్వతంత్రంగా వచ్చే కిరణాలు కూడా ఉన్నాయి. వేడి చేయబడిన ప్రతీ వస్తువూ కూడా కాంతిని ఉద్గమిస్తుంది. వస్తువును బాగా వేడిచేసినయెడల, ఉద్గమించే కాంతిలో చాలా మటుకు దృశ్యకిరణాలుంటాయి; బాగా వేడిచేయకపోయినయెడల అదృశ్యము అగు పరశ్శోణ కిరణాలు ఉద్గారితమవుతాయి. ఈ కిరణాలను వాటి తాపక్రమ ఫలితంవల్లనే మనకి పోల్చుకోవడానికి వీలవుతుంది. మన చుట్టూవున్న ప్రతివస్తువులోనూ ఉష్ణం ఉంటుంది. ఈ వస్తువు వేడిగా వుంది, ఆ వస్తువు చల్లగా వుంది అని మనం అంటూన్నప్పటికీ, మన శరీరంయొక్క ఉష్ణతతో సరిపోల్చిచూచుకునే అలా అనడం మనకి అలవాటు అయిపోయింది. ఒక వస్తువులోనుండి దానిలో వున్న ఉష్ణతనంతా పూర్తిగా తీసివేయడం అంటే ఆ వస్తువులో వుండే కణాలయొక్క చలనాన్ని ఆపుచేయడం అన్నమాటే. ఇలా ఆపుచేయడం సుమారు -273° సెంటిగ్రేడు తాపక్రమం (అనగా శూన్యతాపక్రమం) దగ్గర మాత్రమే వీలవుతుంది. భూమి మీద మాత్రం అన్ని వస్తువులూ వెచ్చగానే వుంటాయి. తత్ఫలితంగా ప్రతీ వస్తువూ కూడా దృశ్యకాంతినో అదృశ్యకాంతినో తప్పకుండా ఉద్గారితం చేస్తూనే వుంటుంది; మనిషే కాంతిని ఉద్గారితం చేస్తూ ఉంటాడు. అతని కళ్లు కూడా కాంతిని ఉద్గారితం చేస్తూనే ఉంటాయి. ఈవిధంగా ఆలోచించినట్టు అయితే, మన చకువుకు "అంతర్గతంగా సాధువైన కాంతి" వుంది అనే మన పూర్వుల నమ్మికలో కొంత సత్యం లేకపోలేదు. మన కళ్లలో వున్న ఈ అంతర్గత కిరణాలయొక్క శక్తి ఎంత హెచ్చు అంటే, ఉదాహరణకి ఆకుపచ్చ కిరణాలను ఎలాగైతే కన్ను గ్రహించగలుగుతూందో, ఆ రీతిగానే వీటిని కూడా గ్రహించగలిగినట్టయితే అహోరాత్రాలు 50 లక్షల కేండిలు సామర్థ్య తీక్ష్ణతను కలిగిన ప్రకాశిత్వాన్ని కంటికి ఈ కిరణాలు ఇవ్వగలవు. అంత శక్తి వుంటుంది ఈ అంతర్గత చాకుషకిరణాలకి (చూ. 133 వ పుట).

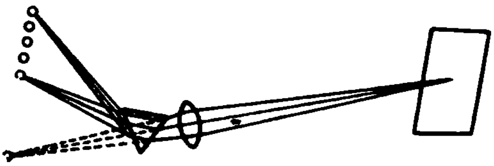
నక్షత్రాలనుండీ, అనగా అతి దూరంలో వున్న సూర్యగోళాలనుండీ, తేజోమేఘాల నుండీ (నెబ్యులాలనుండీ) కూడా దృశ్యకిరణాలు మనకి ప్రసారితమయి వస్తాయి; మెరుపు తళుకులు ఆకాశాన్ని ఛేదించుకుంటూండమూ, సుమేరుజ్యోతియొక్క (అరోరాయొక్క) చిత్రవిచిత్రమైన రంగులతో ఆకాశం అంతా నిండిపోవడమూ అప్పుడప్పుడు సంభవిస్తూం టుంది. వేసవికాలపు రాత్రులలో మిణుగురు పురుగులు చెట్లమధ్యనుండి మెరుస్తూంటాయి, అడవుల్లో కుళ్లి మగ్గిపోతూన్న చెట్లమొదళ్లు భాసించుతూంటాయి. మెరుపులు మెరసిన ప్పుడు దృశ్యకాంతితోపాటు అదృశ్యమగు విద్యుదయస్కాంతతరంగాలను కూడా అవి ఉద్గారితం చేస్తాయి; ప్రశాంత వాతావరణంలో కూడా రేడియోనుండి చిత్రవిచిత్రంగా ప్రసార కార్య

క్రమానికి అంతరాయాన్ని కలిగించుతూ చిటపటమంటూన్న (స్థిరవిద్యుత్తు) చప్పుడులు మనకి వినపడుతూ ఉంటాయి. ఇవి వాతావరణ విద్యుదయస్కాంతిక ఉత్సర్గములు. ఈ ఉత్సర్గాల కారణంగానే ఎ. ఎస్. పొపోవ్ నిస్తంత్రి (వైర్‌లెస్)ని కనిపెట్టాడు. సూర్యుడూ నక్షత్రాలూ కూడా రేడియో తరంగాలను ఉద్గారితం చేస్తాయని ఇటీవలి సంవత్సరాలలో నిస్సందేహంగా రుజువైంది. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధకాలంలో రేడార్ నిర్మాణాలు సరిగా పని చేయడంలో ఈ వికిరణాలు తరుచు అనేక చిక్కులను కలుగజేస్తూండేవి. భూమిలో రశ్మ్యుద్గారక (రేడియో ఏక్టివ్) పదార్థాలనబడే పదార్థాలు కొన్ని వున్నాయి. ఈ పదార్థాల యొక్క పరమాణువులు నిర్విరామంగా విచ్ఛిన్నం అవుతూ వుంటాయి. ఈ విచ్ఛిన్న విధానంతోపాటు అతికురుచనైన తరంగదైర్ఘ్యముగల గామా కాంతికిరణాలు కూడా ఉద్గారితము అవుతూ వుంటాయి.

భూమిమీదనూ విశ్వమంతటానూ ప్రకృతి సిద్ధంగా జరుగుతూండే విధానాల ఫలితంగా మనకు వచ్చే కాంతే కాకుండా, మానవుడు తనకి అవసరమైనప్పుడల్లా కృత్రిమ కాంతి ఉత్పత్తి స్థానాలను తయారుచేసుకుంటూనే వుంటాడు. కట్టెపుల్లలను రాజబెడుతాడు; కిరసనూనెనూ, కొవ్వొత్తులనూ వెలిగిస్తాడు; విద్యుత్తుద్వారా లోహపు పోగులను ఉష్ణముచేసి తెలుపు కాంతినిచ్చే విద్యుద్దీపాలనూ వాడుక చేస్తున్నాడు. ఆధునికంగా ఇంతకంటెనూ పరిణతిచెందిన స్వయంప్రకాశిత దీపాలలో, విద్యుత్ప్రవాహం మొదట పాదరసపు బాష్పంలో ఉత్సర్గాన్ని కలిగించగా, ఈ ఉత్సర్గంతో కూడా అతినీలలోహిత కిరణాలు ఉద్గారితం అవుతాయి. దీపపు గాజునాళికయొక్క గోడల లోపలి తలానికి పూతగా పూసిన స్వయంప్రకాశిత యౌగికము ఈ అతినీలలోహిత కిరణాలను విచూషిస్తుంది. ఈ విచూషణ ఫలితంగా ఇవి దృశ్యకిరణాలుగా మారిపోతాయి. ప్రతి రేడియో ప్రసారకేంద్రమూ కూడా దీర్ఘములైన కిరణ తరంగాలను ఉద్గారితంచేసే దీప్తి స్థానంకిందే భావించవచ్చు. శాస్త్ర పరిశోధనలకోసమూ రోగచికిత్సకోసమూ తయారుకాబడుతూన్న ఎక్సుకిరణ నాళికలు కూడా మనిషి శరీరం గుండా సులువుగా ప్రసరించే అదృశ్యకాంతిని వికిరణం చేస్తాయి.

కాని ఈ దీప్తిఉత్పత్తిస్థానాలయొక్క శక్తి వ్యష్టిగానైతేనేమి, సమిష్టిగానైతేనేమి, సూర్యునియొక్క దీప్తిశక్తితో సరిపోల్చినట్టయితే అత్యంత స్వల్పాతి స్వల్పమన్నమాట. ఐతే ఒక విషయాన్ని మనం ఇక్కడ జ్ఞాపకం పెట్టుకోవాలి. అదేమిటంటే: మనం దీపాన్నొకదానిని వెలిగించినా సరే, రేడియో ప్రసారకేంద్రంచేతగానీ ఎక్సుకిరణ నాళికచేతగానీ పనిచేయించినా సరే, బొగ్గు, పెట్రోలియం, కలప, ఈ రూపాలలో చెట్లచే నిలవచేయబడిన మొత్తం సౌర శక్తిలో అత్యంత స్వల్పాతి స్వల్పమైన భాగాన్నే మనం వినియోగించుకుంటున్నామన్న విషయం మనం గుర్తుంచుకోవాలి. గాలియొక్క శక్తినీ, జలపాతాలయొక్క శక్తినీ, జలాశయాలయొక్క

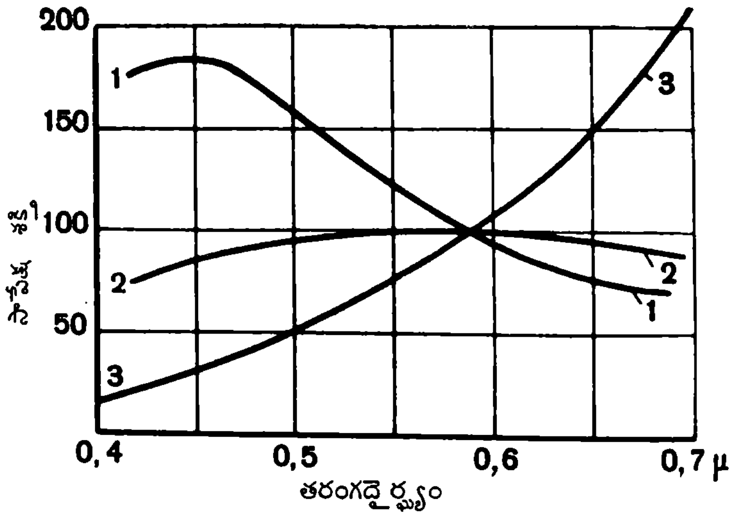
16 వ పటం. వర్ణమాలాదర్శకం (స్పెక్ట్రోస్కోపు) యొక్క రేఖాచిత్రం. (న్యూటన్ చిత్రించిన చిత్రాన్ని అనుసరించి).



శక్తినీ మనం వినియోగించుకున్నప్పుడు కూడా గాలిని పుట్టించి, నీటిని లేవనెత్తిన సౌరదీప్తి శక్తినే మనం తిరిగీ ఉపయోగించుకుంటున్నాం. మొత్తంగా వికిరణమయే శక్తిని లెక్కలోకి తీసుకొని చూచినట్టయితే మానవునిచేత కృత్రిమంగా నిర్మింపబడిన ఏ ఒక్క కాంతిశక్తి ఉత్పాదకకేంద్రమూ కూడా సూర్యుని కాంతిశక్తితో సరిపోల్చిచూస్తే ఏ మూలకీ రాదన్న విషయం స్పష్టం అవుతూంది.

ఒక్క రాత్రి సమయమందే కాకుండా పగలు కూడా, సూర్యునికి అదనంగా మానవుడు తన స్వల్ప కృత్రిమ దీప్తిఉత్పత్తిస్థానాలను నెలకొల్పుకోవడానికి కారణం ఏమిటంటే, కాంతి యొక్క దీప్తిశక్తి పరిమాణంకంటెనూ కాంతియొక్క మౌలిక లక్షణమైనట్టి వర్ణమాలా సంఘట్టనమే తరచుగా హెచ్చు ప్రాధాన్యతను వహిస్తూంటుంది.

కాంతియొక్క వర్ణమాలా సంఘట్టనమనే ముఖ్యమైన భావాన్ని మొదటిసారిగా న్యూటన్ వివరించాడన్న విషయం మనకి తెలుసును. సౌరకిరణాలను విశ్లేషణ చేసేందుకు అతడు వినియోగించిన పట్టక ఉపకరణమే అతని తరువాతి కాలంలోనూ ఇప్పుడూ కూడా విజ్ఞాన శాస్త్రంలో ఉపయోగించుతూన్న వర్ణమాలాదర్శకములు (స్పెక్ట్రోస్కోపులు) అన్నింటికీ కూడా మొదటి నమూనాగా ఏర్పడింది. 16 వ పటంలో చూపబడిన న్యూటన్‌యొక్క సొంత చిత్రాన్ని చూస్తే న్యూటన్ వర్ణమాలాదర్శకానికి ప్రాతిపదికగా ఏర్పడిన సరళమైన ఉద్దేశం మనకి స్పష్టంగా బోధపడుతుంది. ఒక సన్నటి చీలికమీద కాంతి పడుతుంది. చీలికకు ఒక వైపున కటకం ఒకటి వుంటుంది. కటకానికీ చీలికకీ వున్న దూరం ఇంచుమించు కటకంయొక్క సంగమబిందువుతో సమానంగా వుంటుంది. కాంతి కిరణాలు చీలికకు అవతలివైపునుండి వస్తూంటాయి. కటకంగుండా వెళ్లిన కాంతిపుంజం ఒక పట్టకంమీద పడి, వక్రీభవనాన్ని పొంది, తరువాత "అనంతము"నకు ("ఇన్‌ఫినిటీ"కి) సరిపడినట్టు అమర్చిన దూరదర్శిని లోనికి ప్రవేశిస్తుంది. దూరదర్శినియొక్క అక్షికటకంలోనుండి చూచినయెడల ఏ మిశ్రమ వర్ణకాంతిని మనం పరీక్షిస్తున్నామో దాని ఘట్టకములైన అన్ని సరళ వర్ణములలో ప్రతి దానిలోనూ వర్ణమాలాదర్శకముయొక్క చీలిక మనకి కనబడుతుంది. చీలిక గనుక చాలా వెడల్పుగా వున్నట్టయితే బింబాలన్నీ ఒకదానితో ఒకటి కలిసిపోయి సరళ వర్ణాలు కొంతవరకూ మిశ్రమమైపోవడంవల్ల వర్ణమాల అస్పష్టంగా అలికేసినట్టుంటుంది.



17 వ పటం. వేర్వేరు దీప్తి స్థానములయొక్క వర్ణమాలలలోని శక్తి పంపకము.

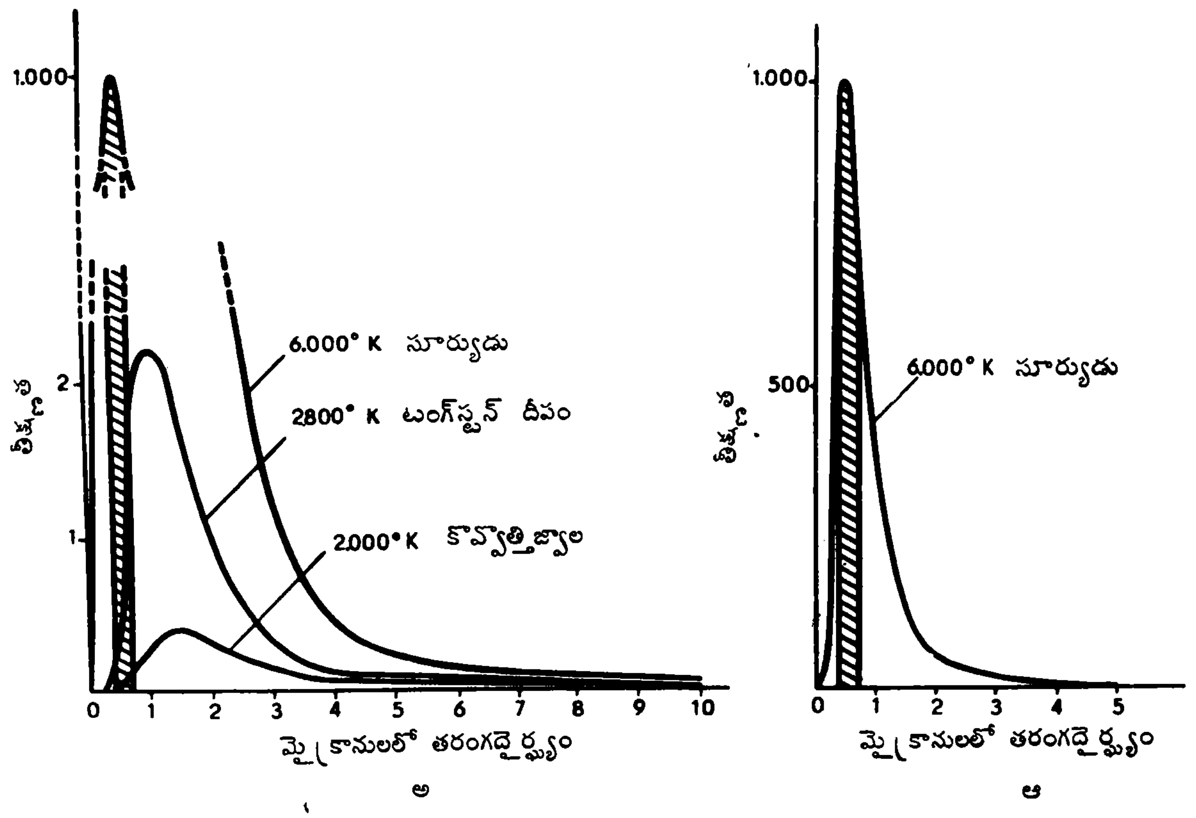
కిరసనూనె దీపాన్ని కాని, విద్యుద్దీపాన్ని కాని వర్ణమాలాదర్శకముయొక్క చీలికముందు ఉంచి, దూరదర్శనిలో చూచినయెడల, ఎరుపునుండి ఊదావరకూ అవిచ్ఛిన్నమైన క్రమంలో వర్ణములన్నీ మనకి కనబడుతాయి. అక్షికటకం ముందు ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటు నొకదానిని ఉంచినట్టయితే, ఊదావర్ణం తరువాత కొద్ది దూరంవరకూ అతినీలలోహితం విస్తరించి వుండడం ఆ ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుమీద పడుతుంది. కాని వర్ణమాలలో ఈ చివరనుండి ఆ చివరవరకూ శక్తి ఏ విధంగా పంపకమవుతూందో తెలుసుకోవడానికి మాత్రం మన కంటితో చూసినా ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటు ఉపయోగించినా ఏమీ ప్రయోజనంలేదు; వీటియొక్క సూక్ష్మగ్రహణ సామర్థ్యం చాలా తక్కువ పరిధులలోనే ఇమిడివుంటుంది. ఆ పరిధులలోనే ఇవి మంచి సామర్థ్యంతో నాజూకుగా పనిచేయగలవు. ఆ పరిధులు దాటిన తరువాత అవి పనిచెయ్యలేవు. ప్రత్యేకంగా వర్ణమాలలో ఆకుపచ్చని భాగాన్ని మన కన్ను చాలా సూక్ష్మంగా గ్రహించుతుంది. మామూలు ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటు నీలమూ ఊదా భాగాలను సూక్ష్మంగా గ్రహిస్తుంది. వర్ణమాలయొక్క శక్తిని గురించి బాగా తెలుసుకోవాలంటే, వివిధ రకముల కిరణాలన్నింటినీ పూర్తిగా విచూషణ చేసి వాటిని ఉష్ణములోకి మార్చగలిగే ఉష్ణపరికరమును — ఉష్ణధాతువు "థెర్మో ఎలిమెంటు" — ఉపయోగించాలి. దురదృష్టవశాత్తూ, ఈ పరికరాలను ఎంత నిశితముగా నిర్మించినప్పటికీ, మన కంటి కంటెనూ, ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటు కంటెనూ, సున్నితమైనవి కావు. ఈ పరికరాన్ని ఉపయోగించి వేర్వేరు దీప్తి ఉత్పత్తిస్థానములయొక్క శక్తి పంపకమును కొలవగా లభించిన ఫలితాలను 17 వ పటం చూపుతూంది. భుజాక్షముపైన మైక్రానులలో తరంగముల నిడివి (ఈ సందర్భంలో వర్ణమాలయొక్క ఊదా పరిధి 0.4 μ తోనూ,

ఎరుపు పరిధి 0.7 μ తోనూ సరిపడుతుందని పాఠకునికి గుర్తుచేస్తున్నాం) లెక్కింపబడ్డాయి. సాపేక్ష ఏకాంకములలో కొలచిన శక్తిని లంబాక్షముపైన లెక్కింపబడ్డాయి. ప్రతి దీప్తి ఉత్పత్తి స్థానముయొక్క శక్తిన్నీ 0.59 μ తో సమానంచేసి, ఈ సంఖ్యనే సాంప్రదాయ సిద్ధంగా 100 అని తీసుకున్నాం. *1* వ గ్రాఫులో ఆకాశంలోని నీలవర్ణపు వెల్తురుయొక్క దృశ్యవర్ణ మాలయందలి శక్తి పంపకమూ, *2* వ గ్రాఫులో సౌరదృశ్య వర్ణమాలలయందలి శక్తి పంపకమూ చూపబడ్డాయి. విశ్లేషణ ఫలితంగా శక్తియొక్క గరిష్ఠ పరిమితి నీలం భాగంలోకి మారినట్లు స్పష్టంగా తెలుస్తూంది. విద్యుద్దీపంయొక్క వర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకం *3* వ గ్రాఫులో కనబడుతూంది.

వేరువేరు ఘనపదార్థాలను, ఉదాహరణకి ధాతువులను, సమానమైన అధికతాపక్రమం వరకూ వేడిచేసినప్పటికీ, వాటి శక్తి పంపిణీలు సరిసమానంగా వుండక, ఒకదానినుండి ఒకటి కొంతవరకూ భేదిస్తాయి. ఈ వివిధ ఘనపదార్థముల ఉపరితలములయొక్క పరావర్తన సామర్థ్యం వేరువేరుగా ఉండడమే ఈ తేడాకు కారణం. వివిధ ఘనపదార్థాల ఉపరితలములను, వాటిమీద పడిన కిరణములనన్నింటినీ సంపూర్ణముగా విచూషించి ఏ మాత్రము కూడా పరావర్తనంచెందకుండా వుండేలాగున, పరిపూర్ణముగా నలుపు చేసినయెడల, సమాన తాపక్రమములందు అన్ని ఘనపదార్థములయొక్క శక్తి పంపకమూ సమానంగానే ఉంటుంది.

ఏదేనా వేడిచేయబడిన వస్తువులో, అణుచలనముయొక్క శక్తి కాంతికింద ఒక వైపున మారుతూండగా, మరొక వైపున అణువులు కాంతిని విచూషించుతూండడం జరుగుతూంటుంది. ఏ నిర్ణీత తాపక్రమం దగ్గరైనా సరే, విచూషిత ఉద్గమన కాంతి పరిమాణాలు సమతాస్థితిలోకి వస్తాయి.

కాంతి ఉద్గమనమూ, కాంతి విచూషణమూ $h\nu$ పూర్ణ క్వాంటములలోనే జరుగుతుందని కాంతి ప్రకరణంలో ఇదివరకే చెప్పాం. పరమ కృష్ణ ఉపరితలంగల వస్తువుయొక్క విచూషిత ఉద్గమనముల మధ్య ఏర్పడిన సమతాస్థితిని మనం పరీక్షించినయెడల, ఈ రెండు విధానాలయొక్క క్వాంటం స్వభావ దృష్ట్యా, కృష్ణ వస్తువుచే ఉద్గమించబడిన కాంతియొక్క శక్తి పంపక నియమమును అట్టె కష్టంలేకుండా నిశితంగానే ఊహించవచ్చు. చారిత్రకంగా మాత్రం ఈ సమస్యకి సమాధానం ఇవ్వడం ఈ రూపంలోకాకుండా ఇటించటు జరిగింది. ప్రయోగఫలితాలతో సారూప్యతను పొందే కృష్ణ వస్తువుయొక్క ఉష్ణవికిరణ వర్ణమాలా సూత్రం ఏదైనా లభిస్తుందా అని ప్లాంక్ ఆలోచిస్తూండగా, పూర్ణ క్వాంటములలోనే కాంతి విచూషణ ఉద్గమన ప్రక్రియలు జరుగుతాయి అన్న ప్రమేయాన్ని తీసుకుంటేనే గాని అటువంటి సూత్రాన్ని ప్రవచించలేమనే తీర్మానానికి వచ్చాడు. మహత్తర ప్రాధాన్యాన్ని కలిగిన ప్రకృతియొక్క క్వాంటం సూత్రాలు ఈ విధంగా ఆవిష్కరించబడ్డాయి.



18 వ పటం. వివిధ తాపక్రమాలలో నల్లవస్తువుయొక్క వికిరణముల వర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకము. (తీక్ష్ణతలలో అత్యంత వ్యత్యాసం వుండడం కారణంగా, 18 అ పటంలో 6000° Kను చూపే గ్రాఫును స్కేలుకి సరిపోయేటట్లు గీయడానికి వీలులేకపోయింది. ఈ తాపక్రమంయొక్క గ్రాఫును 18 ఆ పటంలో పూర్తిగా చూపబడింది.)

అనేక తాపక్రమాలలో ''కృష్ణ వికిరణ'' సూత్రం ఎలా పనిచేస్తుందో 18 వ పటంలో చూపబడింది. పటంలో వున్న గ్రాపులలో భుజాక్షంపైన మైక్రానులలో ($1\,\mu=1{,}000\,m\mu$) కొలిచిన తరంగముల నిడివి, లంబాక్షంపైన సాపేక్ష ఏకాంకములలో తీక్ష్ణత, అనగా కాంతిశక్తి చూపబడ్డాయి. సన్నని అడ్డుగీతలతో ఛాయగా చూపించిన మండలం దృశ్యవర్ణమాలతో అనుగుణంగా వుంటుంది. పటంలో చూపబడినట్లు, తాపక్రమం హెచ్చు అవుతున్నకొద్దీ వర్ణమాలా గ్రాపుయొక్క గరిష్ఠత కురుచతరంగాల భాగానికి జరుగుతూంది. ఏ ధాతువు నైనాసరే వేడిచేస్తూన్నకొద్దీ అది క్రమేణా ఎరుపెక్కి, తరువాత తెల్లని కాంతితో మెరుస్తుందన్న సుపరిచితమైన అనుభవంతో ఇది సరిగ్గా సరిపోతూంది. నల్ల వస్తువుయొక్క వర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకం గురించి సైద్ధాంతికంగా నిర్ణయించిన సూత్రం వాస్తవమైనదే అని ఇప్పటికి మనకి అందుబాటులో వున్న అత్యంత సునిశితమైన ప్రయోగాలు దృఢపరుస్తున్నాయి. ఈ సూత్రానికి ఉన్న ముఖ్యమైన ఉపప్రమేయం ప్రకారమూ వర్ణమాలా గ్రావుయొక్క గరిష్ఠతకు అనుగుణముగా వుండే తరంగపు నిడివి λ ను పరమ తాపక్రమము T (అనగా: సెంటిగ్రేడులో డిగ్రీలలో కొలిచిన తాపక్రమము $+273$) తో గుణించినట్లయితే వచ్చిన లబ్ధము ఒక స్థిరాంకము. దీనినే ఈ క్రింది సమీకరణం ప్రకారం తెలియజేయవచ్చు:

$$\lambda_{\text{గరిష్ఠత}}\, T=K=2897.18 \text{ మైక్రాము} \times \text{డిగ్రీలు}.$$

λ గరిష్ఠత యొక్క విలువ (మైక్రానులలో) తెలిసినట్లయితే, ఈ సంకేతాన్నిబట్టి, ఆ వస్తువుయొక్క ఉష్ణతాపక్రమాన్ని తెలుసుకోవడానికి వీలుంటుంది.

సౌరకాంతియొక్క స్వభావాన్ని తెలుసుకొనే సందర్భంలో వర్ణమాలలో కాంతి పంపకం గురించి ప్రస్తావించాం. వాస్తవంగా సూర్యగోళం హెచ్చు వేడిగా వుంటుంది. అందుచేత సౌరవర్ణమాల కూడా మనం భూమిమీద వాడుకచేస్తూన్న విద్యుత్తు, కొవ్వొత్తి దీపాలయొక్క వర్ణమాలతో సరిపోలి ఉండాలి. నిజానికి, తక్కువ సామర్థ్యంగల స్పెక్ట్రాస్కోపుయొక్క వెడల్పు అయిన చీలికలోంచి చూచినట్లయితే సౌరకాంతి వర్ణమాల అవిచ్ఛిన్నంగా వున్నట్టే కనబడుతుంది. ఈ వర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకాన్ని స్థూలంగా కొలిచినట్లయితే, ఈ పంపకం కృష్ణ వికిరణపు గ్రాపులలో ఒకదానితో సరిపోతుంది (18 వ పటం). అత్యధికంగా వేడిచేయబడిన నల్లవస్తువుతో సూర్యగోళం కూడా అనుగుణంగానే వుంటుందీ అన్న ప్రమేయాన్ని మనం అంగీకరిస్తే, ఈ గ్రావుయొక్క ఆకృతినిబట్టి, గ్రావుయొక్క గరిష్ఠాన్ని బట్టీ సూర్యగోళపు ఉపరితలంయొక్క తాపక్రమాన్ని మనం ఇంచుమించు లెక్కకట్టగలుగుతాం. ఈ విధంగా లెక్కకట్టితే సూర్యగోళంయొక్క తాపక్రమం సుమారు 6000°

వుంటుందని తేలింది. సూర్యబింబంయొక్క వేరువేరు భాగాల్లో వేరువేరు తాపక్రమాలు ఉంటాయి కాబట్టి ఈ తాపక్రమాన్ని ఇంతకంటే సునిశితంగా నిర్దేశించడంవల్ల మనకు పెద్ద ఉపయోగమేమీ వుండదు.

కాంతియొక్క స్వభావాన్ని పోల్చుకొనే విషయంలో, ఎంతటి నాశి రకమైన స్పెక్ట్రాస్కోపుతోనైనాసరే మన కన్ను సమానం కాదు. ఇందుచేత, తరువాతి ప్రకరణంలో సూర్యకాంతితో మన కంటిని పోల్చిచూడడానికిగాను ఈ ఆసన్న సంఖ్య సరిపోతుంది.

సూర్యగోళాన్ని పరిశోధించడానికి భౌతికశాస్త్రజ్ఞులూ ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులూ దూరదర్శనులనూ అత్యంత నిశితములైన స్పెక్ట్రాస్కోపులనూ వాడుకచేస్తూ, కంటికి బదులు విశేషంగా ఫోటోగ్రాఫీ కూడా వినియోగిస్తారు. ఈ విధంగా సూర్యకాంతియొక్క అనేక తబిశీళ్లను, ఏ పరికరాల సహాయమూలేకుండా నగ్నమైన కంటికి ఏ మాత్రమూ కనబడని తబిశీళ్లను భౌతికశాస్త్రజ్ఞులూ ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులూ కనుక్కొంగలుగుతున్నారు.

న్యూటన్ ఏకారణంచేతనో అవేక్షించకుండా పూర్తిగా వదలిపెట్టేసినట్టి సౌరవర్ణమాలలోని విశేషాన్నొకదానిని 1802 లో వోలాస్టన్ ఆవిష్కరించాడు. సూర్యకిరణాల వర్ణమాల అఖండంగా వుండకుండా అందులో అనేకములైన సన్నని నలుపు రేఖలు వుంటాయని అతడు కనుక్కొన్నాడు. అటుతరువాతి సంవత్సరాలలో సూర్యవర్ణమాలలో ఉజ్జ్వలితమైన పూర్వరంగంమీద ఈ నల్లని సందులను సవివరంగా ఫ్రౌన్‌హోఫర్ అధ్యయనంచేశాడు. తత్కారణంగా ఈ గీతలకి ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలు అనే పేరువచ్చింది. దృశ్యవర్ణమాలలో కనబడే రేఖలన్నిటిలోనూ అత్యంత ప్రముఖ్యమైన రేఖలు 1 వ పట్టికలో పొందుపరుపబడ్డాయి. ఈ రేఖలు ఎల్లప్పుడూ వాటివాటి స్థానాల్లో స్థిరంగా వుంటాయి కాబట్టి, సౌరవర్ణమాలలో ఇవి "సరిహద్దు రాళ్ళ" లాగు మనకి వినియోగపడుతూ, సౌరవర్ణమాలలోని వివిధ ప్రాంతాలను ఈ రేఖల పేర్లతో వ్యవహరించడం జరుగుతూంది. పట్టిక రెండవ వరుసలో మిల్లిమైక్రానులలో తరంగదైర్ఘ్యం, మూడవ వరుసలో వర్ణమాలలో ఆ యా రేఖలుండే ప్రాంతాల వర్ణం పొందుపరుపబడ్డాయి.

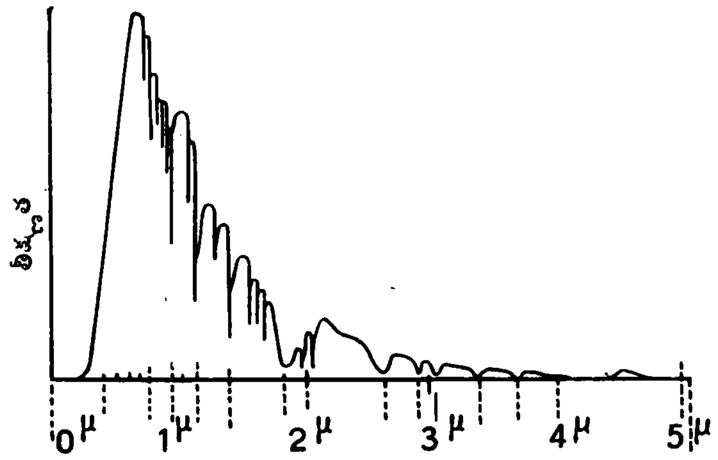
తక్కువ రకం స్పెక్ట్రాస్కోపులో చూచినయెడల సౌరవర్ణమాల అవిచ్ఛిన్నంగా వున్నట్టున్నా అగుపడుతుందనీ, శక్తి పంపకపు గ్రాపు సక్రమంగానూ, ఒడుపులు లేకుండా సమంగా వుంటుందనీ పైన చెప్పాం. కాని ఈ పంపకపు గ్రాపుని సవివరంగా పరిశీలించుతే మాత్రం, దానియొక్క దృశ్యప్రాంతాల్లోనూ అదృశ్యప్రాంతాల్లోనూ కూడా గ్రాపు ముళ్ళముళ్ళలాగునా అతి వంపులు కలిగి వున్నట్టు విశదమవుతుంది (19 వ పటం). ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలయొక్క జాడలను తెలియజేస్తాయి ఈ ముళ్ళు. అతినీలలోహిత ప్రాంతంలో సూర్యవర్ణమాల తుంచేసినట్టు చటక్కున అంతమైపోతుంది. సరిగ్గా ఎక్కడైతే అంతమై

పోతుందో ఆ పరిధి మాత్రం ఆ యా ఋతువుపైనా దినభాగంపైనా ఆధారపడి వుంటుంది. సూర్యుడినుంచి ప్రసారితమయే కిరణాలలో 290 mμకి తక్కువ తరంగదైర్ఘ్యంగల కురుచని కిరణాలు మనవరకూ రావడంలేదు. వాతావరణంలో 19 మైళ్ల గరిష్ఠ పరిమితివరకూ ఊర్ధ్వంగా వున్న మండలాల్లోని ఓజోను ఈ కురుచ తరంగాలనన్నింటినీ విచూషించేస్తూంది.

సౌరవర్ణమాలలో ప్రత్యేకంగా కొన్ని వర్ణాలు లేవు అనే విషయాన్ని మనం ఏ విధంగా వివరణచేసి చెప్పగలం? ఏ విధమైన రంగు కూడా లేనటువంటి ఆల్కహాల్ జ్వాలలో కాని, బున్సెను జ్వాలయందు కాని మామూలు ఉప్పును కాల్చితే జ్వాల తేటైన పచ్చని పసుపు రంగుతో వెలుగుతుంది. మంచి రకపు స్పెక్ట్రొస్కోపుతో ఈ జ్వాలను అవేక్షించినయెడల ఇది వరలో అఖండంగా కనబడిన వర్ణమాల ఇప్పుడు పూర్తిగా అదృశ్యం అయిపోతుంది. దానిస్థానే, ఫ్రాన్‌హోఫర్ D_1, D_2 రేఖల తరంగదైర్ఘ్యాలతో సరిసమానమైన తరంగదైర్ఘ్యంగల రెండు

1 వ పట్టి

రేఖ	తరంగదైర్ఘ్యం mμ	వర్ణం	ఉత్పత్తిస్థానం		
A	759.4	ఎరుపు	భూవాతావరణంలోని ఆక్సిజని		
a	718.5	,,	భూవాతావరణంలోని నీటి బాష్పము		
B	686.7	,,	భూవాతావరణంలోని ఆక్సిజని		
C	656.3	,,	సూర్యగోళముమీద వుండే హైడ్రొజని		
D_1	589.6	పసుపు	,,	,,	సోడియము
D_2	589.0	,,	,,	,,	,,
E	527.0	ఆకుపచ్చ	,,	,,	కాల్సియము
b_1	518.4	,,	,,	,,	మెగ్నీషియము
b_2	517.3	,,	,,	,,	,,
b_4	516.8	,,	,,	,,	,,
F	486.1	నీలం	,,	,,	హైడ్రొజని
g	430.8	ఊదా	,,	,,	కాల్సియము
H	396.9	,,	,,	,,	,,
K	393.4	,,	,,	,,	,,



19 వ పటం. సౌరవర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకం.

పసుపుపచ్చని రేఖలు ఒకదాని పక్కను ఒకటి వుండడం మనకి కనబడుతుంది. ఇంత నిశితంగా సరిపోవడంబట్టి ఈ ఏకీభావం యాదృచ్ఛికంకాదనే స్పష్టం అవుతుంది. సౌరవర్ణమాల పటానికీ ఈ వర్ణమాలా పటానికీ భేదం ఏమిటంటే, ప్రకాశమానంగా వున్న సూర్యవర్ణ మాలయొక్క పూర్వరంగంమీద నల్లని రేఖలు అగుపడుతూండగా, నల్లని పూర్వరంగంమీద ప్రకాశమానంగా వున్న రేఖలను ప్రదర్శిస్తూంది ఈ జ్వాల.

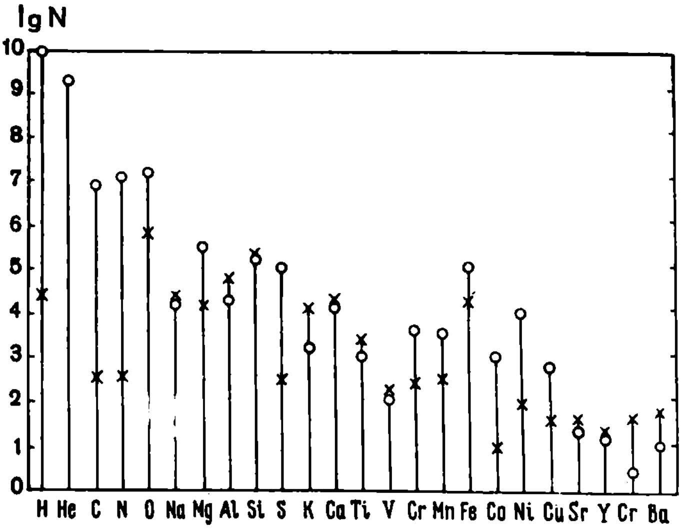
ఈ జ్వాలలో ఉప్పను కాల్చినప్పుడు, క్లోరీను కిందనూ సోడియము కిందనూ ఉప్పు విచ్ఛేదమైపోతూంది, ఆ విచ్ఛేదనవల్ల ఉత్పత్తి అయిన సోడియమే ఈ ఉజ్జ్వల ఫలితానికి కారణభూతమవుతూంది. సౌరవర్ణమాలలో వున్న నలుపు *D*-రేఖలకు కూడా సోడియం బాష్పములే కారణం అని మనం సహజంగానే ఊహిస్తాం. తెలుపు కాంతినిచ్చే విద్యుద్దీపంయొక్క అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాలా పథంలో గనుక సోడియం ధాతు బాష్పాలతో నిండిన ఘటాన్నిగానీ, ఉప్పని కాల్చుతూన్న రంగుగల బున్సెను జ్వాలనిగానీ ఉంచినట్టయితే, *D*-రేఖలతో అనుగుణ్యంగా వుండే వర్ణమాలా ప్రాంతాలు వెలవెలబోతూ కనబడతాయి; అనగా అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాలపైన ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలను మనం కృత్రిమంగా ఉత్పత్తిచేశాం అన్నమాట. తదనుషంగికంగా, సోడియం బాష్పాలకు *D*-రేఖలను విచూషణమూ ఉద్గమనమూ చేసే రెండు సామర్థ్యాలూ వున్నాయన్నమాటే: అయినప్పటికీ నిశితంగా చెప్పాలంటే మాత్రం, సోడియం బాష్పాలలో పరమాణువులలో అత్యధిక సంఖ్యకి కాంతిని విచూషించే సామర్థ్యం వుందని చెప్పాలి. కాని, *D*-రేఖలయొక్క కాంతి క్వాంటములను విచూషించిన ఫలితంగా, ఆ పర

మాణువులు "ఉద్రేకపూరితములై" ఇకమరి వికిరణాలను విచూషించడం మానివేసి, మరి కొంత సేపటికి ఇదివరలో అవి మింగిన శక్తిని కాంతి రూపంలో మళ్లీ కక్కేస్తాయి. దీనినే మరోమాటలో చెప్పాలంటే, బాగావేడెక్కిన ఉప్పు బాష్పాల్లో, కాంతిని విచూషించిన మామూలు సోడియం పరమాణువులు కొన్నీ, ఇదివరకు విచూషించిన కాంతినే మళ్లీ కక్కేస్తూన్న ఉద్రేక పూరితములైన పరమాణువులు కొన్నీ, వుంటాయన్నమాట.

ఏ మూలద్రవ్యంయొక్క బాష్పాలలోనైనాసరే, ఏదో ఒక విధంగా, విడివిడిగావున్న సన్నని వర్ణమాలారేఖలతో కూడిన ఉజ్జ్వలితాన్ని మనం ఉత్పత్తిచేయగలం. ఆ విధంగా ఉత్పత్తి అయే రేఖల సంఖ్య చాలా హెచ్చుగానే ఉండవచ్చు. పరమాణువు అనేకములైన వివిధ "ఉద్దిక్త" స్థితులలో మనగలదని ఇందువల్ల మనకు తెలుస్తూంది.

పరమాణురేఖావర్ణమాల, నల్లవస్తువుల అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాల, ఈ రెండూ కూడా క్వాంటం నియమాలను అనుసరిస్తాయని నిరూపించబడింది. ఒకే క్వాంటం స్థిరాంకం h, రెండింటికీ వర్తిస్తూందన్న ముఖ్య విషయం ఇందువల్ల ప్రత్యేకంగా విశదమవుతూంది. అయితే, ఆ యా రేఖావర్ణమాలలు, ఆ పరమాణువుల అంతర రచనయొక్క బహిరంగ రూపములే కాబట్టి, కాంతి ఏలాగైతే క్వాంటం నియమాలకు తల ఒగ్గుతూందో అదే ప్రకారం పరమాణురచన కూడా క్వాంటం నియమాలకు తల ఒగ్గుతూంది. అణువుల వర్ణమాలలోనూ, అణురచనలోనూ కూడా క్వాంటం సూత్రాలు ప్రత్యక్షం అవుతున్నాయి. అత్యంత నీచప్రేషణవాయువ్యావస్థలో వున్న అణువులు "పట్టికా" వర్ణమాలలను ఉద్గారి తంచేస్తాయి. కొన్ని ప్రత్యేక ఉపకరణాల సాధనంగా ఈ పట్టికలను అతి సూక్ష్మములైన అనేక రేఖలకింద విభజించడానికి వీలవుతుంది. ఈ రేఖలయొక్క స్థానాలు సరళములైన క్వాంటం సూత్రాలను అనుసరించే వుంటున్నాయి. కాంతికీ పదార్థానికీ అతి ముఖ్యమైన ఉమ్మడి స్వభావాలు కొన్ని ఉన్నట్టు, ఈ విధంగా మరొక నమ్మకమైన రుజువు మనకి లభిస్తూంది.

ఇక రేఖావర్ణమాలను మళ్లీ మరొకసారి పరిశీలించుదాం. ప్రతి మూలద్రవ్యానికీ, చాకుషశాస్త్రదృష్ట్యా దానికి విశిష్టమైన "సరిహద్దు రాళ్లు" అనదగిన వర్ణమాలా రేఖలు వుంటాయనీ, ఒక్కొక్క మూలద్రవ్యానికి విశిష్టములైన రేఖల స్థానాలను నిశితంగా కొలిచి నిర్ధారణచేయడానికి వీలుంటుందనీ, ఒక మూలద్రవ్యముయొక్క రేఖలను మరొక మూల ద్రవ్యముయొక్క రేఖలతో తారుమారు చేయడానికి ఏమాత్రమూ అవకాశం లేదనీ ఇది వరకే మనం తెలుసుకొన్నాం. ఈ విధంగా మనం భూమిమీద వుంటూనే సూర్యునియొక్క, ఇతర జ్యోతిర్మండలాలయొక్క రసాయనిక వ్యవస్థను వాటి వర్ణమాలాపటములను అధ్యయనం చేయడంవల్ల తెలుసుకోగలుగుతున్నాం. సూర్యగోళంయొక్క వాతావరణ ఘటికములైన మూల ద్రవ్యాల బాష్పములు సూర్యగర్భముయొక్క అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాలలోని ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖల

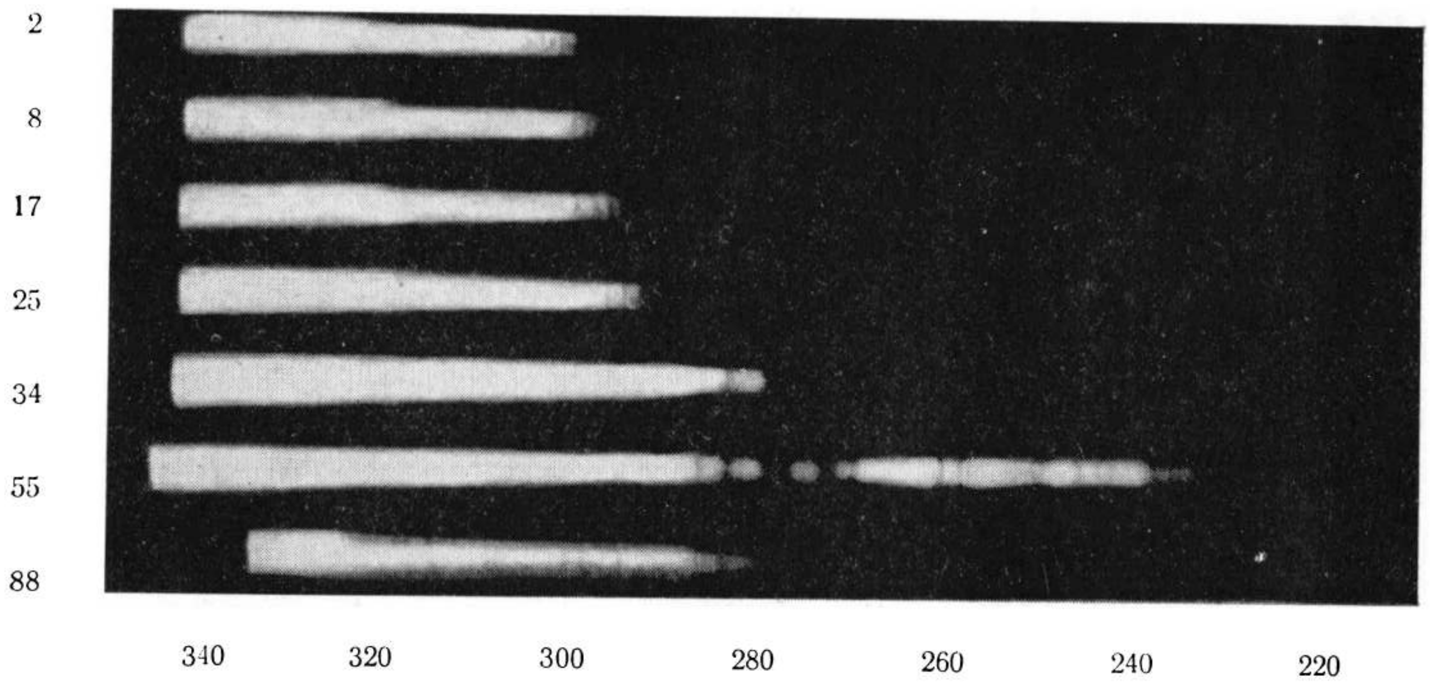


20 వ పటం. సూర్యగోళపు ఉపరితలంమీదనూ భూపటలంలోనూ సంభవించే వివిధ రసాయనిక మూలద్రవ్య పరమాణువుల సాపేక్ష మధ్యమాన సంఖ్యల తారతమ్యం.

రూపంలో తమ జాడలను దిగవిడుస్తున్నాయి. ఈ వర్ణమాల సూర్యగోళముచుట్టూ వున్న వాతావరణంలోని మూలద్రవ్య బాష్పములగుండా చొచ్చుకొనిపోయి భూగోళాన్ని చేరుతూంది. వర్ణమాలలోని రేఖలు యే యే మూలద్రవ్యాలతో అనుగుణ్యంగా వున్నాయో, ఆ మూలద్రవ్యాలను 1 వ పట్టికలోని ఆఖరి వరుసలో చూపడమైంది.

భూమియొక్క వాతావరణం సూర్యకాంతిని కొంతవరకూ విచూషించడం ఫలితంగా కొన్ని రేఖలు సంభవించుతున్నాయనే విషయాన్ని కూడా ఈ పట్టిక తెలియజేస్తూంది. మన భూగోళంమీద కనుక్కోబడిన రసాయనిక మూలద్రవ్యాలలో చాలా మట్టుకు సూర్యగోళపు ఉపరితలంలో కూడా ఆవిష్కరించబడ్డాయి. సూర్యగోళంయొక్క ఉపరితలంలో ఇంత వరకూ ఆవిష్కరించబడని మూలద్రవ్యాలు బంగారము, పాదరసము, తాలియము, బిస్మత్, రేడియము మొదలైన భారమగు మూలద్రవ్యాలే.

సూర్యగోళముయొక్క ఉపరితలమందున్న వేర్వేరు రసాయనిక మూలద్రవ్యాల పరమాణువులయొక్క రాసులను ("o" గుర్తులు) భూపటలంలో ఉన్న మూలద్రవ్యాల పరమాణువులయొక్క రాసులతో ("X" గుర్తులు) సరిపోలుస్తే ఎలాగుంటుందో 20 వ పటం చూపుతూంది. ఎడమవైపునున్న సంఖ్యలు మూలద్రవ్యాల సాపేక్ష సంఖ్యలయొక్క



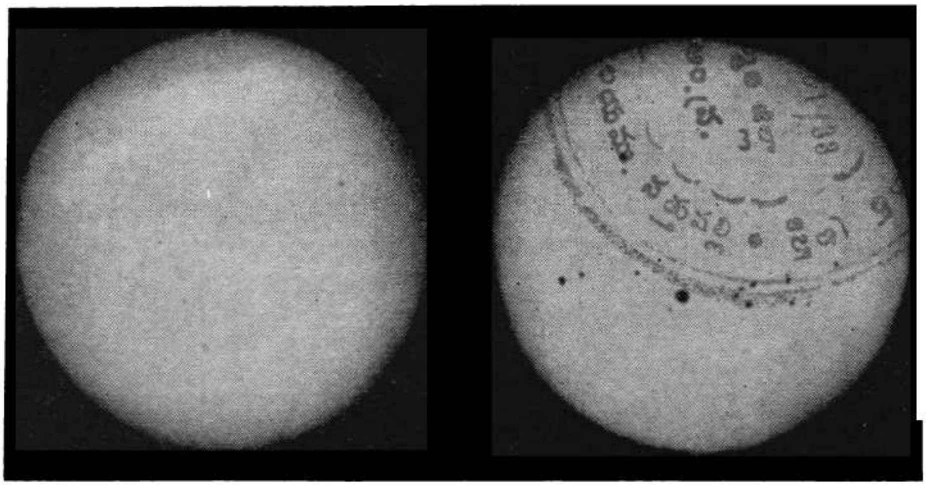
21 వ పటం. వివిధ ఉన్నతులలో రాకెట్లవల్ల లభించిన సూర్యవర్ణమాల ఫోటోగ్రాఫులు.

సంవర్గమానాలు (లోగరిథిమ్స్). ఉదాహరణకు, 5 అనే సంఖ్య, 10^5 రాశిలో వున్న పరమాణువుల సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది అన్నమాట. భూగోళంలో తటస్థపడుతూన్న కొన్ని పరమాణువుల సాపేక్ష రాసులు సూర్యగోళపు ఉపరితలంమీద ఉన్నవాటికంటె చాలా భేదిస్తున్నట్టు ఈ పటంవల్ల మనకు తెలుస్తూంది. ఇది ఇలాగు ఉన్నప్పటికీ, సోడియము, సిలికను, కాల్సియము, స్ట్రాంషియము వంటి మూలద్రవ్యాలయొక్క సంఖ్యలు మాత్రం చాలా మట్టుకు ఏకీభవిస్తున్నాయి. వర్ణమాలా రేఖలు లేనంతమాత్రాన ఆ యా మూలద్రవ్యాలు లేవని నిరాఘాటంగా రుజువు అయిపోయిందని మాత్రం మనం అనుకోవడానికి వీలులేదు. ఈ సాక్ష్యం ఇంకా చాలదనే చెప్పాలి. భూమిని అందుకోనటువంటి అతినీలలోహిత ప్రాంతంలో ఈ రేఖలు వుంటే వుండవచ్చు. భూమియొక్క వాతావరణంలో ఉన్న ఓజోను వాయువు భూమిమీద ఊర్ధ్వంగా 12 మొదలు 19 మైళ్లవరకు వ్యాపించి ఉన్న స్తరావరణంలో సాంద్రీకృతమై ఉంది. సౌర వర్ణమాలలోని అతినీలలోహిత ప్రాంతాన్ని భూమిమీద వున్న అవేక్షకుడికి అగుపడకుండా ముఖ్యంగా ఈ ఓజోనువాయువు అడ్డేస్తూంది. అందుచేత ఈ ప్రాంతంలో వున్న రేఖలు మనకి కనబడకపోవచ్చును.

రెండో ప్రపంచయుద్ధంలో జర్మనీనుండి విజయచిహ్నాలుగా అమెరికనులు స్వాధీనం చేసుకున్న అనేక $V-2$ రాకెట్లను ఓజోను మండలాన్ని దాటి అంతకు మించిన ఎత్తునుండి సూర్యవర్ణమాలను ఫోటోగ్రాపు తీసేనిమిత్తం అమెరికా సంయుక్తరాష్ట్రాల్లో ఉపయోగించబడ్డాయి. వివిధ ఉన్నతులనుండి స్వయంచలితంగా ఈ రాకెట్లు తీసిన వర్ణమాలా ఫోటోగ్రాఫులు 21 వ పటంలో చూపబడ్డాయి. పటంలో ఎడమవైపున ఉన్నతాంశము కిలోమీటర్లలోనూ, భుజాక్షంపైన మిల్లిమైక్రానులలో తరంగముల దైర్ఘ్యం లెక్కించబడింది. 25 కిలోమీటర్లూ, అంతకుమించిన ఉన్నతాంశములోనూ అతినీలలోహితపు దిశగా వర్ణమాల విస్తరించుతూండడం ఈ పటంలో మనకు కనబడుతూంది. 34 కిలోమీటర్ల ఎత్తునుండి తీసిన ఫోటోగ్రాపులో వర్ణమాల 280 mμ వరకూ విస్తరించి అక్కడ మాత్రం తుంచేసినట్టు చటుక్కున అంతమయిపోతూంది. 55 కిలోమీటర్లవరకూ వున్న ఉన్నతాంశాలలో 240 mμ వరకూ విస్తరిస్తూన్న విశాల పరిమితులనుగల వర్ణమాల మనకు కనబడుతూంది. అయినప్పటికీ 280 mμ స్థానంలో నల్లని పట్టిక మాత్రం స్థిరంగానే వుంటూంది. ఈ పట్టిక మెగ్నీషియం బాష్పాలవల్ల కలిగిన విచూషణకి అనుగుణ్యంగా వుంది.

ఒక్క పరమాణువులే కాకుండా, OH, CN, CaH, H_2 మొదలైన సరళాతిసరళములైన అణువులు కూడా సూర్యగోళపు ఉపరితలంమీద ఉన్నట్టు మనం తెలుసుకోగలిగాం.

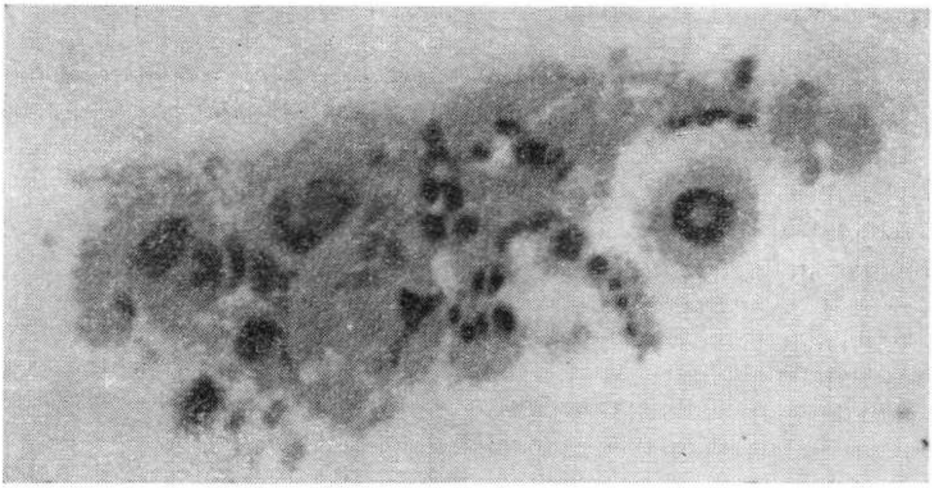
సూర్యగోళంయొక్క కొలతలు బ్రహ్మాండంగా వున్నాయి: దాని మధ్యవ్యాస



22 వ పటం. గరిష్ఠ సంఖ్యలోనూ (ఎడమ చిత్రం), కనిష్ఠ సంఖ్యలోనూ మచ్చలున్న సూర్యబింబం.

1,400,000 కిలోమీటర్లు, అనగా భూమి మధ్యవ్యాసంకంటె 110 రెట్లు అన్నమాట. సూర్యగోళం ఆయతనం భూమి ఆయతనంకంటె 1,305, 000 రెట్లు హెచ్చు. కాని సూర్యుని సాంద్రతకంటె భూమిసాంద్రతే హెచ్చు: సూర్యమండలంయొక్క సగటు సాంద్రత నీటికంటె 1.406 రెట్లే ఉండగా, భూమి సాంద్రత నీటికంటె 5.6 రెట్లుంది. సూర్యగోళంలో వున్న మొత్తం ద్రవ్యం భూమి ద్రవ్యంకంటె 330,420 రెట్లు అధికం. సూర్యపదార్థంయొక్క బరువు మనం అవగాహన చేసుకోలేనటువంటిది. దాని బరువు 2×10^{27} (అనగా 2 అంకె తరువాత 27 సున్నలున్న సంఖ్య) టన్నులు అని చెప్పినా మనకి అయోమయంగానే వుంటుంది; సూర్యుడు తన "వొళ్ళు" తగ్గించుకోవాలంటే సెకనుకి 100 కోట్ల టన్నుల చొప్పున 3,000 కోట్ల సంవత్సరాలు తగ్గించుకొంటేనేగాని ఇప్పటికంటే సగమేనా అవడం కష్టం అన్నమాట!

ఇంతటి బ్రహ్మాండమైన ద్రవ్యసంచయాన్ని దాని బాహ్య స్వభావంనుండి మాత్రమే మనం తెలుసుకోగలుగుతున్నాం. అసలు సూర్యగోళంలోని ఆంతరవిధానాల గురించి మనకి ఏమీ తెలియడంలేదు. ఊహవల్ల మనం గ్రహించవలసిందే తప్ప ఇదమిద్ధమని మనకేమీ తెలియదు. సూర్యగోళంయొక్క ఉపరితలం ఏమాత్రమూ సజాతీయంకాదు: సూర్యకాంతియొక్క శక్తి సంపకం అనే పదాన్నికాని, సూర్యునియొక్క తాపక్రమం అనే పదాన్ని కాని మనం ఉపయోగించినప్పుడు, ఇంచుమించు సగటున ఇంత వుంటుందీ అనే ఉద్దేశంతోనే



23 వ పటం. సూర్యబింబంమీద అగుపడే మచ్చల సముదాయపు దృశ్యం.

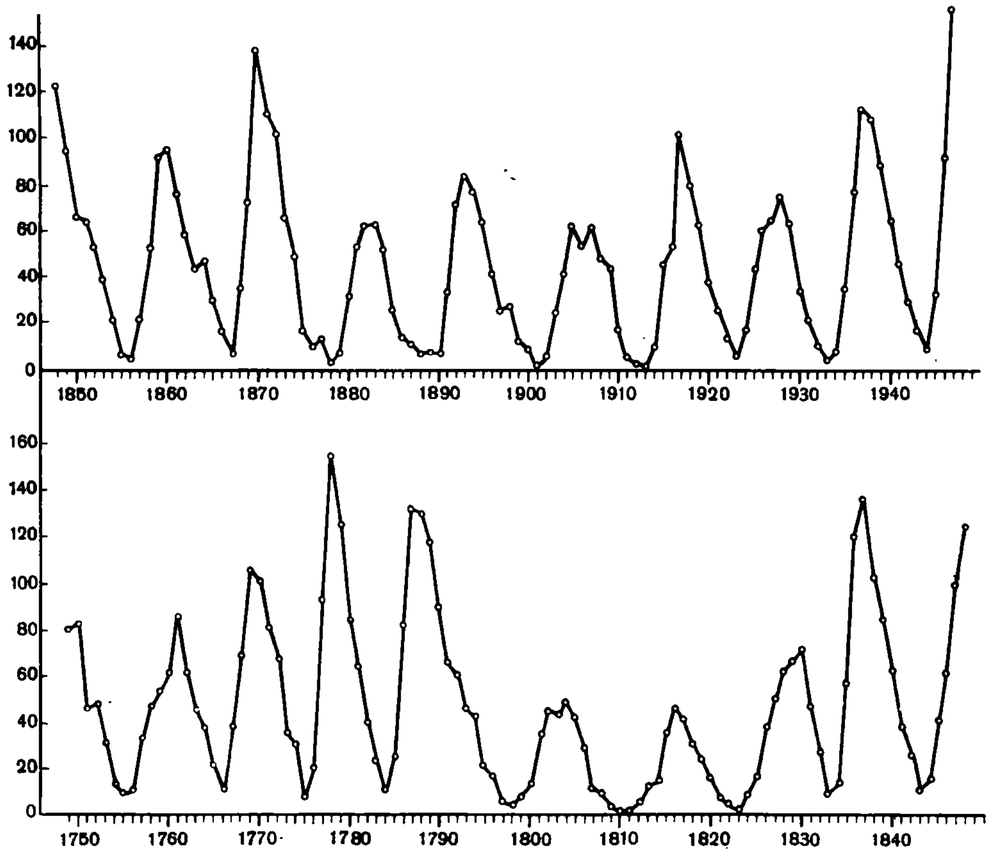
ఉపయోగిస్తూంటాం. ఆకాశంమీద ఈ కొసనుండి ఆ కొసకి సూర్యుడు చేసే మిథ్యా ప్రయాణ సమయంలో, సౌరవర్ణమాలయందలి శక్తి పంపకంలో కూడా అంత మిథ్య గానే మార్పు కనబడుతూంటుంది. శిరోబిందువులో ఉండేటప్పటికంటెనూ ఉదయాస్తమయ సమయాలలోనే సూర్యకిరణాలు మరింత హెచ్చు మందంగల వాతావరణమండలం గుండా చొచ్చుకొని పోవలసి వుండడంవల్లనే ఉదయించేటప్పుడూ అస్తమించేటప్పుడూ సూర్యుడు మనకి ఎర్రగా కనబడతాడు.

సూర్యుని ఉపరితలంమీద — అందులోను ముఖ్యంగా మధ్యరేఖా ప్రదేశంలో — ఎల్లప్పుడూ మచ్చలుంటూనే వుంటాయి (22 వ పటం). ఒకొక్కప్పుడు ఇవి ఎంత పెద్దవిగా వుంటాయంటే, మసి పారించిన అద్దంలోంచి చాక్షుషపరికరాల సహాయం లేని వుత్తకంటితోనే అవి మనకి అగుపడతాయి. ఈ మచ్చలు వుత్తకంటితోనే మనుష్యులు అవేక్షించినట్లు వెనుక ఎన్నడో క్రీ.పూ. 28 లోనే రచింపబడి నేడు మనకి లభించిన చైనాదేశపు చరిత్ర గ్రంథాలలో పేర్కొనబడింది. 1858 లో సూర్యబింబంమీద ఒక మచ్చ కనబడింది. ఆ మచ్చయొక్క నిడివి 230,000 కిలోమీటర్లు వుంది, అనగా భూమధ్య వ్యాసంకంటె 18 రెట్లు అన్న మాట. మనకి మొత్తంగా దృశ్యం అవుతూన్న సూర్యుని ఉపరితలంలో 36 వ వంతు భాగాన్ని ఈ మచ్చ ఆక్రమించింది. ఈ మచ్చలలో అనేక ఆకారాలున్నవి వుంటాయి. మధ్యలో అన్నిటికీ పూర్ణచ్ఛాయ వుండి, వాటిపై భాగాల్లో ఖండచ్ఛాయ వుంటుంది (23 వ పటం).

ఈ మచ్చలుండే ప్రదేశాలయొక్క ముఖ్య ఘటకాలు హైడ్రోజని, కాల్సియం బాష్పాలూ అని స్పెక్ట్రస్కోపు పరిశోధనలవల్ల తెలుస్తూంది. అప్పుడప్పుడు విద్యుదావేశితములైన

కణాలతో కూడిన బ్రహ్మాండమైన సుడిగాలులు, చక్రవాతములు ఈ మచ్చల చుట్టూ చల రేగుతూంటాయి. ఈ ఉత్పాతాల ఫలితంగా ఉత్పన్నమైన విద్యుత్ప్రవాహాలను అంటిపెట్టు కొని బ్రహ్మాండమైన ఆయస్కాంతిక క్షేత్రాలు ఉంటాయి. ఈ ఆయస్కాంతిక క్షేత్రాలు వర్ణమాలా రేఖలలో మార్పులను (రేఖలలో చీలికలను) కలిగిస్తాయి. వర్ణమాలలో కలిగే ఈ మార్పులను బట్టే సుడిగాలులు సంభవిస్తున్నాయని మనం తెలుసుకోడానికి వీలవుతూంది.

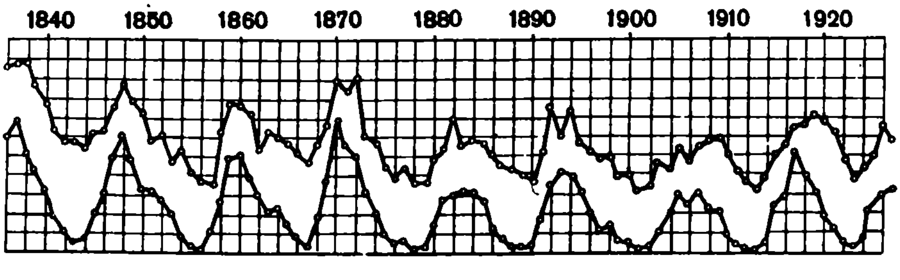
సూర్యునిమీది మచ్చల సంఖ్య నియమితకాలంలో మారుతూ వుంటుంది. ఒక్కొక్క నియమితకాల వ్యవధి — ఒక్కొక్క వలయం — సుమారు 11 సంవత్సరాలుంటుంది. ఈ ఆవృత్తాన్ని 24 వ పటం రుజువు చేస్తూంది. భుజాక్షంమీద సంవత్సరాలూ, లంబాక్షం మీద మచ్చల సంఖ్యలూ గుర్తుపెట్టి వున్నాయి. ఈ గ్రాఫు చాలా దీర్ఘకాలన్నే, అనగా 1749 నుండి 1947 వరకూ, ఇంచుమించు రెండు శతాబ్దాల కాలాన్ని చిత్రిస్తూంది. దీనిలో ఆవృ



24 వ పటం. పదకొండు సంవత్సరాల వ్యవధిలో సంభవించే సూర్యుని మచ్చల వలయం.

త్తం స్పష్టంగా కనబడుతూంది. సౌరక్రియా నియమాలలో ఈ ఆవృత్తం కూడా ఒక నియమమే అని అనడంలో ఏమీ సందేహం లేదు సరే కదా, ఇది భూమియొక్క మనుగడలో అత్యంత ప్రధానమైన పాత్రను వహిస్తుంది. ఈ గ్రాఫులోనిదే ఒక భాగం, అనగా 1836 నుండి 1926 వరకూ ఉన్న భాగం, 25 వ పటంలో (అడుగున వున్న గ్రాఫు) అదే కాలంలో భూమి మీద సంభవించిన ఆయస్కాంతిక సంక్షోభాల సంఖ్యలతో అదే భుజాక్షంమీద గీసిన గ్రాఫుతో సహా చిత్రింపబడింది. రెండు గ్రాఫులయొక్క సమాంతరత్వమూ ప్రత్యక్షంగా కనబడుతూనే వుంది. భూమికీ సూర్యునికీ మధ్య గురుత్వాకర్షణబలమూ, కాంతీ, ఈ రెండే కాకుండా ఇంకా ఇతర మధ్యవర్తులు కూడా వున్నట్లు ఇందువల్ల మనకి తెలుస్తూంది. ఋణవిద్యుదావేశిత కణములు — ఎలెక్ట్రానులు — ఒక ప్రవాహంగా నిరంతరం సూర్యునినుండి భూమికి వచ్చి చేరుతూన్నట్లు మనకిప్పుడు తెలుసును. భూమియొక్క ఆయస్కాంతిక ధ్రువములచేత ఈ విద్యుత్ప్రవాహాలు ధ్రువప్రాంతాలవైపు మళ్లించబడి, తత్కారణంగా, 25 వ పటంలో చూపబడిన గ్రాఫు నమోదు చేసినట్లు, భూమిమీద ఆయస్కాంతిక మార్పులను కలుగ జేస్తాయి. ఇదీలా వుండగా, త్వరితగతిని ప్రవహిస్తూన్న ఈ ఎలెక్ట్రానులు భూమియొక్క వాతావరణ ఊర్ధ్వమందున్న నీచక్షేపముమగల పొరలలోనికి చొచ్చుకొనిపోయి, ఈ పొర లలో వుండే వాయువులు కాంతిని ఉద్గమింపజేసేటట్లు చేస్తాయి. ఉత్తర దక్షిణ ధ్రువముల సుమేరుజ్యోతులు ఈ కారణంవల్లనే సంభవిస్తున్నాయి. ధ్రువప్రాంతాల్లో ఈ అరోరా సంభవములయొక్క పౌనఃపున్యపు ఆవృత్తీ, సూర్యుని మచ్చల ఆవృత్తీ, భూమిమీద సంభవించే ఆయస్కాంతిక సంక్షోభాల ఆవృత్తీ ఒక దానితో ఒకటి సరిపోతున్నాయి.

వాతావరణంలోని మార్పులపైన సూర్యుని మచ్చల సంఖ్యలో కలిగే మార్పులయొక్క ప్రభావం చాలా తీవ్రంగా వుంటుంది. ఈ హేతువును వృక్షకోటితో సహా భూమిమీద మనుగడ సాగించుతూన్న జీవకోటి అంతటిపైన కూడా వీటియొక్క ప్రభావం చాలా తీవ్రంగానే

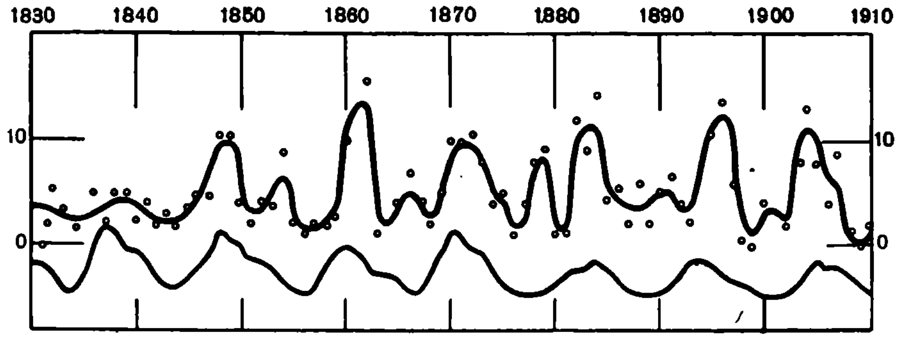


25 వ పటం. సూర్యుని మచ్చల ఆవృత్తీ, మచ్చల సంఖ్యకూ భూమిమీద సంభవించిన ఆయస్కాంతిక సంక్షోభాల సంఖ్యకూ (ఎగువనున్న గ్రాఫు) వున్న సమాంతరత్వమూ.

26 వ పటం. దేవదారువృక్షపు కాండంయొక్క చీలిక. పదకొండు సంవత్సరాల కాలవ్యవధులలో వలయాల వెడల్పు ఏ విధంగా మారుతూందో ఈ పటంలో తెలుస్తూంది.

వుంటుంది. 26 వ పటంలో దేవాదారువృక్ష కాండపు అడ్డుకోతయొక్క ఫోటోగ్రాఫు ఒకటి చూపబడింది. సూర్యుని మచ్చల ఆవృత్తికి అనుగుణ్యంగా వుంటూ నిశితంగా ప్రతీ పద కొండు సంవత్సరాల కొకసారి ఈ వృక్షంయొక్క సాంవత్సరికవలయాల వెడల్పు ఏ విధంగా అభివృద్ధి అయిందో ఈ ఫోటోగ్రాఫులో స్పష్టంగా కనపడుతూంది. 1830 నుండి 1910 మధ్య సంవత్సరాలలోని సూర్యుని మచ్చలను తెలిపే గ్రాఫుతో అనేక యూరపియను దేశాలలో వృక్షముల పెరుగుదలను సూచించే మధ్యమానపు గ్రాఫును పోల్చి చూస్తే ఏ విధంగా వుంటుందో 27 వ పటంలో చూపబడింది. ఈ ప్రత్యేక సందర్భంలో సూర్యుని మచ్చల ప్రభావంతోపాటు దానిలో ఏమాత్రమూ సంబంధము లేని ఇతర అంశాల ప్రభావం కూడా ఉండడంచేత పరిస్థితి కొంతవరకూ క్లిష్టంగా పరిణమించినప్పటికీ, ఇక్కడ కూడా సమాంతరత స్పష్టంగానే కనబడడుతూంది. దీన్నిబట్టి భూమి ఉపరితలంమీద మనుతూన్న జీవకోటి ఉనికిలో సూర్యుని మచ్చలు ప్రధానమైన పాత్రను వహించుతున్నాయనడంలో ఎట్టి సందేహమూ లేదు.

మామూలు పరిస్థితులలో సూర్యుని పైపటలమే మనకి కనబడుతూ ఉంటుంది. ఈ పైపటలానికి ''తేజో ఆవరణము'' (ఫోటోస్ఫియర్) అంటారు. ఈ పైపటలానికి స్ఫటిక

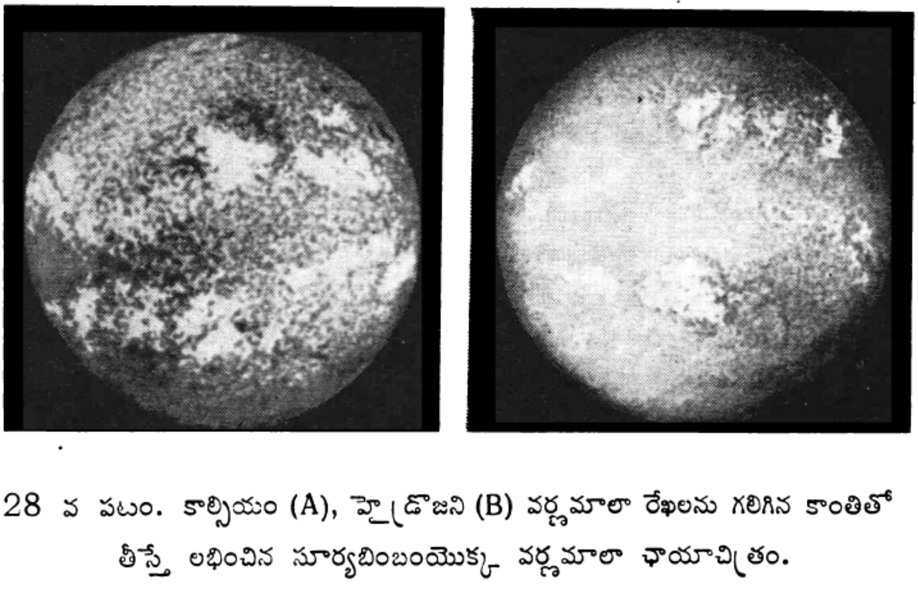


27 వ పటం. సూర్యుని మచ్చల గ్రాఫుతో అనేక యూరపియను దేశాలలో వృక్షముల పెరుగుదలను సూచించే మధ్యమానపు గ్రాఫు (పై నున్న గ్రాఫు)తో తారతమ్యము.

రేణు రచన ఉన్నట్టు మనకి కనబడుతూంది. ఏకవర్ణమాలా రేఖగల ఏకవర్ణకాంతి దీప్తి స్థానాన్ని, ఉదాహరణకు హైడ్రొజని కాంతినో లేక కాల్సియం కాంతినో, ఉపయోగించి సూర్య బింబానికి ఫోటోగ్రాపును తీసినట్టయితే ఈ స్ఫటికరేణు రచన మరీ స్పష్టంగా కనబడుతుంది (28 వ పటం). ఈ స్ఫటికరేణువులు, రకరకాల పరిమాణాలలోనూ ఆకృతులలోనూ ఉంటూ, తేజో ఆవరణంలో తేలుతూ వున్న బాష్పములయొక్క, వాయువులయొక్క మేఘా లకు అనుగుణ్యంగా వుంటున్నాయని మనం నిస్సందేహంగా ఊహించుకోవచ్చు. ఏదేనా పర్వత శిఖరంమీదనుంచి కింద భూమిపైన తేలుతూ వున్న మేఘాలను మనం చూచినట్టయితే ఈ మేఘాలు కూడా ఇటువంటి స్ఫటికరేణు రచననే మనకి ప్రదర్శిస్తాయి (29 వ పటం). తేజో ఆవరణంలో కొన్ని ప్రాంతాలు మరీ ఉజ్జ్వలంగా కనబడుతూంటాయి. ఈ ప్రాంతాలకి "ఉజ్జ్వల లక్ష్మలు" అంటారు. మిగతా ప్రాంతాలలోని వర్ణమాలలో కంటె ఈ ప్రాంతాల యొక్క వర్ణమాలలో కాల్సియం రేఖలు మరింత స్పష్టంగా కనబడుతాయి.

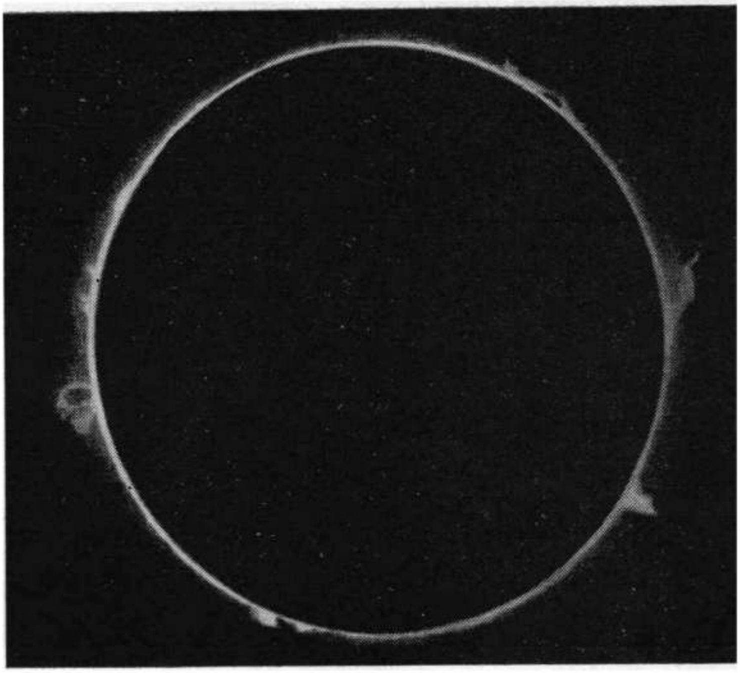
సూర్యగోళంయొక్క పైడిప్పను అన్ని వివరాలతోనూ అవేక్షించడానికి సూర్యుని పూర్ణ గ్రహణ సమయాల్లో మనకి మంచి అవకాశం లభిస్తుంది. అలాంటి సమయాల్లో సూర్య గోళపు పైడిప్పను అడ్డుగా ఛేదించినట్టే ఆ దృశ్యం అగుపడుతుంది (30 వ పటం). తేజో ఆవరణం చుట్టూ ఎరుపు వర్ణంగల పలుచని పొర ఒకటి వుంటుంది. ఈ పొరకి "అరుణ వర్ణ ఆవరణం" అంటారు. తేజో ఆవరణంలో వున్న ఉజ్జ్వల లక్ష్మలు ఈ అరుణవర్ణ ఆవరణంలోకి చొచ్చుకొనిపోయి వుంటాయి. ఈ అరుణవర్ణ ఆవరణంయొక్క దళసరి సుమారు 10,000 కిలోమీటర్లుంటుంది. "శిఖరములు" అని పేరుగలిగిన బ్రహ్మాండ

మైన ఉజ్జ్వల వాయు స్రోతస్సులు ఈ పొరలోనుండిపైకి చొచ్చుకొని వస్తూంటాయి. ఈ స్రోతస్సులు అప్పుడప్పుడు కొన్ని లక్షల కిలోమీటర్ల ఎత్తును కలిగివుంటాయి. ఈ శిఖరములలో రెండు ప్రధానమైన రకాలున్నాయి. ఒకటి మేఘాల మాదిరిది. రెండవది పేలుడు మాదిరిది. అరుణవర్ణ ఆవరణంలో లాగానే, మొదటి రకంలో కూడా ప్రధానమైన కాంతి ఉత్పత్తిస్థానం హైడ్రోజని; రెండవ మాదిరి శిఖరాలలో హైడ్రోజని రేఖలతోపాటు, విస్పష్టంగా వున్న ధాతుబాష్పాల రేఖలున్నాయి. ఒక్క గ్రహణసమయాలలోనే కాకుండా ఇతర సమయాలలో కూడా ఈ శిఖరాలను అవేక్షించడానికి వీలయే విధానాలను ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులు ఇటీవల కనిపెట్టారు. దూరదర్శనిలో అగుపడే సూర్యబింబాన్ని నల్లని అపారదర్శికమైన బిళ్ల నొకదానిచేత కప్పివేయడంవల్లనూ, ఏ విధములైన దోషాలూ లేనట్టి (అనగా విశ్లేషణకారములయే బుడగలుగాని కణుపులుగాని లేనట్టి) గాజునూ, పలకనూ వర్ణమాలలోని సన్నపాటి ప్రాంతాలనే చొరనిచ్చేటట్టి శ్రేష్ఠములైన, కాంతి వడపోత పరికరాలనూ వాడుకచేయడం వల్లనూ ఇది సాధ్యపడుతుంది. దీనితోపాటుగా, ప్రాయోగికంగా ఒకే సమయంలో ఇంచుమించు ఒకేఒక సన్నని వర్ణమాలారేఖనే చొరనిచ్చేటట్టి ఉన్నత పరిణతిని చెందిన కాంతి వడపోత పరికరాలను గత పదేళ్లలో సోవియట్ దేశంలోనూ ఇతర దేశాలలోనూ తయారుచేయగలుగుతున్నారు. వీటన్నిటి ఫలితంగా సౌరశిఖరాలయొక్క చలనచిత్రాలను తీయడానికి ఇప్పుడు వీలు కలుగుతూంది. ఈ చలనచిత్రాలలో ఇంతకుముందెన్నడూ ఆవిష్కరించడానికే పూర్తిగా దుస్సాధ్యమైనట్టి సౌరఉత్పాదక వివరాలెన్నో ఇప్పుడు బహిర్గతం అవుతున్నాయి.

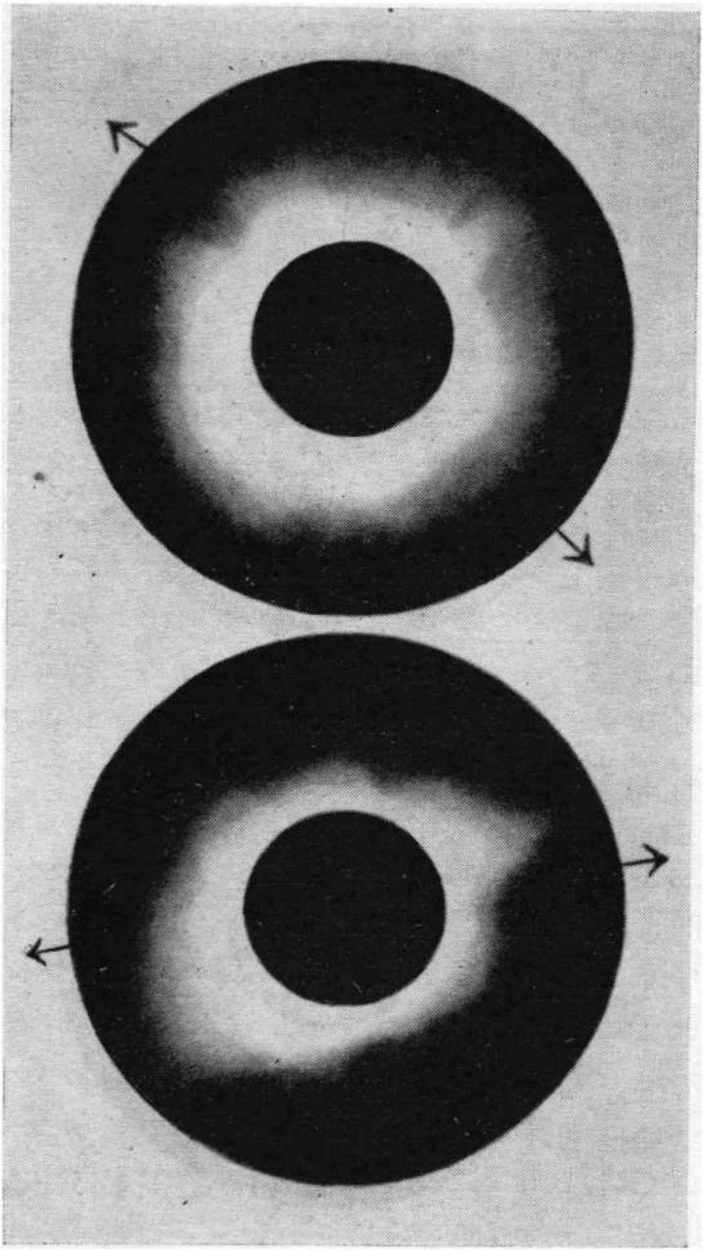


28 వ పటం. కాల్సియం (A), హైడ్రోజని (B) వర్ణమాలా రేఖలను గలిగిన కాంతితో తీస్తే లభించిన సూర్యబింబంయొక్క వర్ణమాలా ఛాయాచిత్రం.

29 వ పటం. ఎత్తైన పర్వతశిఖరనుండి లభించే మేఘాలా దృశ్యం.



30 వ పటం. శిఖరాలను చూపుతూన్న సూర్యగోళపు అరుణవర్ణ ఆవరణంయొక్క దృశ్యం.



31 వ పటం. 1937 సెప్టెంబరులో సంభవించిన పూర్ణసూర్య గ్రహణ సమయంలో తీసిన సౌరకాంతి చక్రంయొక్క ఫోటోగ్రాఫులు. ఫోటోగ్రాఫులలో చూపబడినట్లు, ఒక దానికింకొకటి లంబంగా వుంచిన ధ్రువితతో ఈ ఫోటోగ్రాఫులు తీయబడ్డాయి. ఫోటోగ్రాఫులలో ఉన్న కాంతిచక్రాలు వివిధ ఆకృతిలో వుండడాన్నిబట్టి కాంతి చక్రంయొక్క కాంతి ధ్రువితంకాబడినట్లు తెలుస్తోంది.

తేజో ఆవరణానికీ అరుణవర్ణ ఆవరణానికీ నడుమను పరివర్తనీయతా పొర అనబడే అతి పలుచని పొర ఒకటి ఉంది. బహుశ ఈ పొరలోనే ముఖ్యమైన ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలన్నీ ఉత్పత్తి అవుతూండవచ్చు.

పూర్ణసూర్యగ్రహణ సమయాల్లో దూరదర్శని సహాయంలేకుండానే "కాంతి చక్రం" (కరోనా) అనే అద్భుతమైన సంఘటనొకదానిని మనం అవేక్షించగలం (31 వ పటం). సూర్యబింబం అంచునుండి ఎన్నో మిలియన్ల కిలోమీటర్లవరకూ వ్యాపించి వుంటుంది ఈ కాంతి చక్రం. ఇది త్రిజ్య రచనను కలిగి వుంటుంది. ఈ కాంతి చక్రం కిరణాలు సూర్య బింబంచుట్టూ ఒక్కొక్కప్పుడు అన్ని వేపులా సమానంగా వుంటాయి; ఒక్కొక్కప్పుడు కొన్ని నిర్దిష్ట దిశలలో మరీ హెచ్చు పొడవును కలిగివుంటాయి. కాంతిచక్రంయొక్క ఛేదంలో మూడు వర్ణమాలలు కనబడతాయి. మూడింటిలోనూ ఉజ్జ్వలమైనది కాంతి చక్రపు లోపలి వలయంయొక్క అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాల. దీనిలో ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలు వుండనే వుండవు. కాంతి చక్రపు ఈ భాగంయొక్క స్వభావం మనకొక పొడుపుకథలాగే వుంది ఇంకాను. ఎలెక్ట్రానుల వాతావరణంలో సూర్యకిరణాలు విశ్లేషణంకావడమే ఈ కాంతిచక్ర భాగంయొక్క స్వభావానికి కారణమని సామాన్యంగా భావింపబడుతూంది. కాని ఈ భావనను అన్ని వాస్తవవిషయాలతోనూ సమన్వయపరుస్తూ అభివృద్ధిపరచడానికి ఇంకా ఇంతవరకూ వీలుపడడం లేదు. రెండవ వర్ణమాల కూడా అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాలే; కాని ఇందులో ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలు సంభవిస్తున్నాయి. తేజో ఆవరణంయొక్క పరావర్తితకాంతే (సూర్యునికి కొంత దూరంలో సూర్యునికంటే సాపేక్షంగా చల్లగా వున్న ధూళిరేణువులే ఈ పరావర్తనానికి బహుశా కారణం అని భావించబడుతూంది) బహుశా ఈ వర్ణమాలకి కారణభూతమై ఉండవచ్చు. మూడవ వర్ణమాల రేఖా వర్ణమాల. ఇది పరమాణువుల ప్రకాశితత్వంతో అనుగుణ్యంగా వుంది. సౌరకాంతి ప్రభావం వల్ల పుట్టిన బాష్పప్రస్ఫురణంయొక్క ఫలితంగానే ఈ వర్ణమాల ఏర్పడిందని మనం భావించవచ్చు. ఈ వర్ణమాల ధ్రువితమయేటప్పుడు కనబర్చే విశిష్ట లక్షణాలనుబట్టే ఈ విధంగా భావించడానికి కారణమవుతూంది. వీటన్నిటినిబట్టీ, సూర్యుని చుట్టూ కొన్ని మిలియన్ల కిలోమీటర్ల వెడల్పుగల పొర ఒకటి వుందనీ, ఈ పొరలో నిచ్రేపేషములో వున్న పదార్థము వుందనీ, ఈ పదార్థంలో కొంత భాగం బాష్పముల రూపంలోనూ, కొంత భాగం ధూళిరేణువుల రూపంలోనూ వుందనీ మనకి స్పష్టం అవుతూంది. విద్యుత్ శక్తులవల్లనూ కాంతియొక్క ప్రేషమువల్లను కూడా, ఈ బాష్పములూ ధూళీ సూర్యుని చేరకుండా అపకర్షింపబడవచ్చును. ఏది ఎలాగున్నప్పటికీ, ఈ సౌరకాంతిచక్రం ఇంకా అతి గూఢమైన సంఘటనగానే వుంటూంది. ఉదాహరణకి, అతి తీక్ష్ణమైన కాంతి పుంజములు సూర్యుని సమీపంలో ఒక దానినొకటి ఖండించుకోవడం ఫలితంగా కలిగిన ఒక విధమైన "స్వయం విశ్లేషణ" వల్ల

కూడా ఈ కాంతిచక్రం ఏర్పడ్డానికి కొంత అవకాశం వుంది. వర్తమానకాలపు కాంతి సిద్ధాంతం ఇటువంటి అవకాశాన్ని కూడా లెక్కలోకి తీసుకొంటూంది.

సూర్యుని ఉపరితలంమీద సంభవిస్తూన్న సంఘటనలను గూర్చి మనం ఇంతవరకూ అత్యంత సరళీకృతం చేసి చెప్పిన వర్ణనను ముగించేముందు సూర్యునిచేత వికిరణంగావింపబడే శక్తిని గురించి నాలుగు మాటలు చెప్పాల్సి వుంది. వర్ణమాల అంతటిలోనూ, దృశ్యప్రాంతంలోనూ అదృశ్యప్రాంతంలోనూ కూడా, ఈ శక్తి పంపకమౌతూంది. మొత్తం శక్తిలో 40 శాతం దృశ్య పరిధిలో పంపకమౌతూంది.

భూమి చుట్టూ వాతావరణం లేదనే అనుకొందాం. భూమిమీద వాస్తవంగా పడుతూన్న సూర్యకిరణాల శక్తిని ప్రత్యక్షంగా కొలిచిన ఫలితంగా మనం సంపాదించిన వివరాలను ఆధారంగా చేసుకోవడంవల్లనూ, వాతావరణ ప్రభావాన్ని కూడా లెక్కలోకి తీసుకోవడంవల్లనూ, వాతావరణం నిజంగా లేకపోయిన పక్షంలో, సూర్యునినుండి లంబదిశగా పడుతూన్న కిరణాలద్వారా భూమి ఉపరితలంయొక్క ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరు ప్రదేశమూ నిమిషానికి సగటున 2 చిన్న కేలరీల — అనగా సెకనుకి 0.033 చిన్న కేలరీ — ఉష్ణతను అందుకొనే అవకాశం వుంది. వాస్తవానికి ఈ ఉష్ణంలో కొంత భాగాన్ని వాతావరణం విచూషించుతూంది.

ఈ సంఖ్యను, దీనిని సౌరస్థిరాంకం అంటారు, నిర్ధారణ చేసికొన్న తరువాత, సూర్యునిచేత వికిరణం అవుతూన్న మొత్తం శక్తిని మనం సుళువుగానే లెక్క కట్టగలం. సౌరశక్తి అన్ని దిశల్లోను ఏకరూపంలోనే వికిరణం అవుతూంది అనే సహజమైన ప్రమేయాన్ని తీసుకొని, తరువాత 150,000,000 కిలోమీటర్ల (భూమికీ సూర్యునికీ వున్న దూరం) వ్యాసార్ధంగల గోళంయొక్క ఉపరితలాన్ని లెక్కకట్టి, చదరపు సెంటిమీటర్లలో కట్టిన ఈ విస్తీర్ణాన్ని సౌరస్థిరాంకంచేత, అనగా 0.033 చిన్న కేలరీచేత గుణించాల్సి వుంటుంది. ఈ గుణకార లబ్ధం సెకనుకి 10^{26} (అనగా 1 తరువాత 26 సున్నలుగల సంఖ్య) కేలరీలకి సుమారుగా సమానం అవుతుంది. ఇంత పెద్ద సంఖ్యను మనం సరిగా అర్థంచేసుకోలేం. అందుకు తోడు కేలరీ అంటే మనకి స్పష్టంగా గ్రాహ్యం కాదు కూడా. అందుచేత ఈ కింది లెక్కను కట్టితే మనకిదంతా సుబోధకంగా వుంటుంది.

శక్తి ఎల్లప్పుడూ ద్రవ్యరాశితో సమానం అని ఆధునిక భౌతికశాస్త్రంవల్ల మనకి తెలుస్తూంది. ఈ సంబంధాన్ని సూచిస్తూన్న వాస్తవవిషయాలలో మొట్టమొదటిదీ అత్యంత ప్రధానమైనదీ, కాంతి వస్తువులపైన ప్రేషము కలిగిస్తుంది అనే వాస్తవవిషయం. ఈ వాస్తవ విషయాన్ని పి. ఎన్. లేబెదెవ్ మొట్టమొదట అవిష్కరించాడు. ఈ ప్రేషముయొక్క పరిమాణాన్ని అతనే ప్రాయోగికంగా కనుక్కొన్నాడు. అత్యంత సునిసితమైనట్టీ అతికష్టమైనట్టీ ప్రయోగాల ఫలితంగా, నలుపుచేయబడిన ఫలకంమీద కాంతి పడినప్పుడు, ఈ కాంతిని

ఫలకం సంపూర్ణంగా విచూషించిన పరిస్థితుల్లో, ఆ ఫలకంపైన కాంతి కలిగించే ప్రతోదన బలం (థ్రస్ట్), ఫలకంచే సెకనుకు విచూషింపబడిన ప్రకాశిత శక్తి E ని, కాంతి వేగం c తో భాగించుతే లభించే లబ్ధంతో సమానంగా వుంటుంది; అనగా E/c తో సరిపోతుంది. ఫలకం నల్లగా వుండక, దర్పణం లాగు వుండి పతన కాంతినంతటినీ పూర్తిగా పరావర్తించిన పక్షమందు, ఈ ప్రేషం వెనకటి విలువకి రెండింతలుంటుంది. ఇంతే కాదు. ఇంకా అనేక సంవత్సరాల పరిశోధన ఫలితంగా, ఒక్క ఘనపదార్థాలపైనే కాకుండా, వాయువులమీద కూడా కాంతి ప్రేషమును కలిగిస్తుందని కూడా లేబెదెవ్ నిరూపించాడు. నేటి సౌరసంఘటన సిద్ధాంతాలను నిర్వచించడంలో ఈ విషయానికి ఎంతో ప్రాథమికమైన ప్రాముఖ్యత ఉంది.

యాంత్రికశాస్త్ర నియమాలవల్ల t అనే కాలవ్యవధిలో ప్రేషాన్ని కలిగించే (నీరూ, కాంతీ మొదలైన) ఎట్టి ప్రవాహాలనైనాసరే ఆపడానికి, ఈ ప్రవాహాన్ని F అనే శక్తిచేత "తటస్థీకరణం" చేయవలసి వచ్చినప్పుడు, $Ft=mv$ అనే సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి F యొక్క విలువను మనం లెక్కకట్టవచ్చు. ఈ సమీకరణంలో, ప్రవాహంలో వెళుతూన్న పదార్థంయొక్క ద్రవ్యరాశి m ను, ప్రవాహంయొక్క వేగం v చేత గుణించుతే వచ్చిన mv అనే లబ్ధాన్ని గతిభారం అంటారు. ఈవిధంగా, ప్రవాహంయొక్క ప్రతోదనబలం F సెకనుకి గతిభారంలో కలిగే మార్పుతో సమానంగా వుంటుంది; అనగా $F=\frac{mv}{t}$. ఈ ప్రవాహం ప్రకాశిత కాంతిప్రవాహం అయినప్పుడు $v=c$ (కాంతి వేగం). ప్రతోదనబలానికి వర్తించే సమీకరణాన్ని లేబెదెవ్ చేసిన ప్రయోగాల ఫలితంగా అతనికి లభించిన కాంతిప్రతోదన బలాన్ని తెలిపిన సమీకరణంతో సమానం చేయగా, మనకి $\frac{mc}{t}=\frac{E}{tc}$ అన్న సమీకరణం లభిస్తుంది. అనగా, $m=\frac{E}{c^2}$*. ఈ పైసాంకేతికం కాంతియొక్క ద్రవ్యరాశి m, దానియొక్క శక్తి E తో సమానం అని నిరూపిస్తుంది. యాంత్రికశాస్త్ర నియమాలను లేబెదెవ్‌చే కావింపబడిన చాక్షుషశాస్త్ర పరిమాణాలకు అన్వయింపజేసిన ఫలితంగా అత్యంత ముఖ్యమైన ఈ సమీకరణం మనకు లభించింది. అందుచేత మొదట చూడ్డంతోనే ఈ సమీకరణం కేవలం కాంతి క్షేత్రంలోనే వినియోగించడానికి వీలుగా వుంటుందని అగుపడుతుంది. కాని,

$$mc^2=E$$

---

* ఇక్కడ ఇచ్చిన వ్యవకలనానికీ ఎస్. ఐ. వవీలొవ్ తన గ్రంథంలో ఇచ్చిన వ్యవకలనానికీ కొంచెం తేడా వుంది. ఆ వ్యవకలనంలో ప్రకాశిత శక్తిన్నీ, ప్రకాశిత సామర్థ్యాన్నీ ఒకే కొలమానంలో ఇవ్వబడింది. ఇది పాఠకునికి చిక్కులు కల్గజేయవచ్చును. — సంపాదకుడు.

అనే సమీకరణం సర్వసామాన్యమైనదనీ, శక్తి ఏరూపంలో వున్నప్పటికీ, అన్ని శక్తి రూపాలకీ ఈ సమీకరణం వర్తించుతుందనీ ప్రప్రథమంగా ఐన్‌స్టయిన్ నిరూపించాడు. ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రాభ్యుదయంతోనూ, అందులోనూ ముఖ్యంగా పరమాణువుయొక్క, పరమాణు కేంద్రకం యొక్క భౌతికశాస్త్రాభ్యుదయంతో, ప్రయోగాత్మకంగా ఐన్‌స్టయిన్‌యొక్క తీర్మానం నానాటికి మరింత విస్తృతంగా దృఢపడుతూ విజ్ఞానశాస్త్రమంతటిలోను బృహత్తరమైన సంబంధాన్ని స్థిరీకరిస్తూందని నేడు భావింపబడుతూంది.

ఈ సాంకేతికాన్ని ఉపయోగించి సూర్యునిచేత సెకను ఒక్కంటికి వికిరణము గావింపబడుతూన్న శక్తిని పోలినట్టి ద్రవ్యరాశిని మనమిప్పుడు లెక్కకట్టుదాం. వెనక మనం నిర్ధారణ చేసిన సెకనుకి 10^{26} చిన్న కేలరీలు సుమారు సెకనుకి 50 లక్షల టన్నులకు సరిపడుతుంది. ఈ ద్రవ్యరాశి బ్రహ్మాండమైనదే అయినప్పటికీ, సూర్యుని ద్రవ్యరాశితో సరిపోలిస్తే అత్యంత స్వల్పాతిస్వల్పమైనదే. సెకనుకి 100 కోట్ల టన్నుల చొప్పున మూడు వేల కోట్ల సంవత్సరాల వరకూ సూర్యుడు ఉద్గమించినప్పటికీ, తన ద్రవ్యరాశిలో సగం మట్టుకే తగ్గుదల కనబడుతుందని ఇదివరకే (75 పుటలో) చెప్పాం. మనం ఇప్పుడు కట్టిన లెక్క ప్రకారం సెకనుకి 50 లక్షల టన్నుల చొప్పునే వాస్తవంగా సూర్యుడు తన ద్రవ్యరాశిని కోల్పోతూన్నప్పుడు, సగం మట్టుకు తగ్గడానికే సూర్యునికి 6 లక్షల కోట్ల సంవత్సరాలు పట్టుతుందన్నమాట.

పైవిధంగా లెక్కకట్టినట్టే, భూమి సెకను ఒక్కంటికి తన మొత్తం ఉపరితలం అంతటిమీదనూ ఎంత శక్తిని అందుకుంటూండో, ఆ శక్తిని కూడా ద్రవ్యరాశిరూపంలో లెక్కకట్టగలం. ఈ సందర్భంలో ఏకసమయంలో భూగోళంలో సగభాగం మాత్రమే కాంతిని అందుకొంటూందనీ, అంతేకాకుండా సూర్యునినుండి లంబదిశలో భూమిమీద పడే కిరణాలను మాత్రమే సౌరస్థిరాంకం లెక్కలోకి తీసుకొంటుందనీ, మనం గుర్తుంచుకోవాలి. పైప్రకారం లెక్కకట్టగా, మనం సులభంగా జ్ఞాపకం పెట్టుకోవడానికి వీలయిన సంఖ్యే — అనగా సెకనుకి రమారమి 2 కిలోగ్రాములు అని తేలుతుంది.

ఈ పైలెక్కలవల్ల సూర్యుడు వికిరణంచేస్తూన్న శక్తి పరిమాణాన్ని మనకి ఇప్పుడు కొంచెం సులభంగానే అవగాహన అవుతుంది. ఈ లెక్కలకి మాత్రం అత్యంత ప్రాముఖ్యత వుంది. సూర్యగోళంయొక్క ద్రవ్యరాశిని తల్చుకొనీ, అక్షయమగు దాని శక్తిని తెలుసుకొనీ మనం నిర్విణ్ణులమవుతాం. సూర్యగోళంలాంటి బ్రహ్మాండమైన ద్రవ్యరాసుల సంచయం ఏవిధంగా సంభవిస్తూంది? వీటినుండి నిరంతరం ధారాప్రవాహంగా వికిరణంచేస్తూన్న శక్తికి ఉత్పత్తిస్థానం ఎక్కడుంది? — అని మనం ప్రశ్నించుతాం సహజంగానే. విశ్వగురుత్వాకర్షణ వల్ల సౌరకేంద్రాలవైపు ద్రవ్యరాసులు ఆకర్షింపబడడం బహుశా సంభవమే. అలాగైన

ప్పటికీ కూడా, సూర్యగోళంయొక్క ద్రవ్యరాశి గరిష్ఠ పరిధిలో చేరినదే; సూర్యగోళం కంటెనూ పదింతలు ద్రవ్యరాశి కలిగిన ద్రవ్యసంచయాలున్నాయి. కాని ఇంతకు మించిన ద్రవ్యసంచయం ఉన్నట్టు మాత్రం ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులు ఇంతవరకూ భావించడం లేదు. ఇలాగు ఒక పరిధి వుండడానికి కారణం ఏమిటి?

విశ్వగురుత్వాకర్షణ ప్రభావాన్ని అనుసరించి ద్రవ్యరాసుల సంచయం ఏర్పడిన ఫలితంగా జోతిర్మండలాల గర్భాలలో బ్రహ్మాండమైనట్టి ప్రేషములూ, ఎన్నో మిలియన్ల డిగ్రీల ఉష్ణ తాపక్రమాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. ఈ ఉష్ణంవల్ల ఆ తార తెల టి కాంతినిచ్చే తాపక్రమాన్ని దాటిపోయి, ఎక్సుకిరణకాంతియొక్క ఉష్ణతను అందుకొని, తారయొక్క మధ్యప్రదేశంనుండి విస్తారమైన పరిమాణంలో వికీరణ శక్తి ఉద్గారితమవుతుంది. ఈ శక్తి తారనాభినుండి ఉపరి తలాభిముఖంగా పైకి వెలువడుతుంది. తారాగర్భంలో అంతర్లీనమై వున్న ఈ కాంతి, తార యొక్క ద్రవ్యరాశిపైన వెలుపలి దిశగా ఒత్తిడిని కలుగజేస్తుంది. ఈ విధంగా గురుత్వాకర్షణకు ప్రతిగా లోపలినుండి కాంతియొక్క ప్రేషము పనిచేస్తుంది. గురుత్వాకర్షణ మూలంగా జనించిన ఈ కాంతి ప్రేషణ ప్రక్రియ గురుత్వాకర్షణను మించలేకపోవడం సహజమే. కాని, తారయొక్క పరిభ్రమణ ఫలితంగా ఉత్పత్తి అయిన కేంద్రాపసారిబలం కాంతి ప్రేషానికి అదనంగా పనిచేస్తుంది. కాంతి ప్రేషమూ కేంద్రాపసారిబలమూ కలిసిన మొత్తం గురుత్వాకర్షణ బలానికి సమానమైనప్పుడు జ్యోతిర్మండల ద్రవ్యరాశియొక్క వృద్ధి ఇక తప్పనిసరిగా ఆగిపోయి తీరాల్సిందే. విశ్వజగత్తులో సూర్యగోళానికి మించిన పరిమితిలో ద్రవ్యరాసులు ఉండడం అసంభవమని సిద్ధాంతరీత్యా లెక్కలవల్ల నిర్ధారణ అవుతూంది. సూర్యగోళ ద్రవ్యరాశియొక్క ఉత్పత్తి ని గూర్చి ఈ విధమైన పాక్షిక వివరణనే ఖగోళభౌతిక శాస్త్రం ఇవ్వగలుగుతూంది.

అయితే, వికిరణాల రూపంగా కోల్పోతూన్న శక్తిని సూర్యగోళం మళ్లీ ఏవిధంగా భర్తీ చేసుకోగలుగుతూంది? ఉల్కాప్రవాహం సూర్యగోళంమీద పడుతూండడంవల్ల సుమారు సూర్యగోళపు ద్రవ్యరాశికి కలిగే నష్టానికి భూమియొక్క ద్రవ్యరాశిలో నూరోవంతు చొప్పున ప్రతీ సంవత్సరమూ పరిహారం కలుగుతూందనీ ఒకప్పుడు అనుకొనేవారు. ఇంతేకాకుండా, సూర్యగోళంయొక్క మధ్యవ్యాసం సంవత్సరానికి 75 మీటర్లవరకూ సంకోచం అవుతూండడం ఫలితంగా వికిరణమవుతూన్న ఉష్ణతకు సమానమయేటంత ఉష్ణత ఉత్పత్తికావచ్చుననీ ఒక భావన వుండేది. ఈ విధంగా సూర్యగోళం నేడున్న పరిమాణంలో 10 కోట్ల సంవత్సరాల ఆయుర్దాయం ఉంటుందని ఈ వివరణవల్ల స్పష్టం అవుతూంది. కాని ఈ కాలవ్యవధి స్వల్పాతిస్వల్పం. సూర్యునికి అధమం దశాంక సంఖ్యలో అనేక శతకోటి సంవత్సరాల ఆయుర్దాయం ఉంటేనే కాని వీలు లేదని భూగర్భశాస్త్రమూ ఖగోళభౌతికశాస్త్రమూ ఘోషిస్తున్నాయి.

పైన చెప్పిన ప్రమేయాలనే గనుక అంగీకరిస్తే సూర్యునికి ఇంత ఆయువు ఉండడానికి అవకాశం లేదు.

సూర్యగోళముయొక్క, తారలయొక్క వికిరణాల ఉత్పత్తిస్థానాల వివరణకోసం పూర్తిగా నూతన మార్గాలను — ఆధునిక భౌతికశాస్త్రం ఆవిష్కరించిన శక్తివనరుల మార్గాలనే మనం అన్వేషించవలసి వుంటుంది. శక్తికీ ద్రవ్యరాశికీ వున్న సమన్వయం గురించి ఇందాకనే చర్చించాం. ఎటువంటి ద్రవ్యరాశి సంచయమైనా సరే శక్తితో సమతుల్యంగానే పరిగణించవచ్చును అనే ఈ సమన్వయం అతిస్థూల రూపంలో నిరూపిస్తుంది. ఒక గ్రాము ద్రవ్యరాశి అంటే బ్రహ్మాండమైన శక్తి అన్నమాట. ఈ ద్రవ్యరాశిని కాంతి వేగంయొక్క వర్గంతో గుణించుతే వచ్చిన లబ్ధంతో ఈ శక్తియొక్క పరిమాణం సమానమవుతుంది. ఒక గ్రాము ద్రవ్యరాశి 20 లక్షల కోట్ల కేలరీలకి సమానం. ఇంత బృహత్తరమైన శక్తి పరిమాణాన్ని ఉత్పత్తిచేయడానికి 20 వేల టన్నుల రాక్షసిబొగ్గును కాల్చవలసి వుంటుంది.

ఉష్ణశక్తి మూలపదార్థాలన్నింటిలోకీ రాక్షసిబొగ్గు చాలా సరళమైనది కాబట్టి దీనినే పైన పేర్కొన్నాం. ఈ దృష్టాంతాన్ని గురించి ఒక్క నిమిషం ఆలోచించుతే విషయం మనకి చక్కగా బోధపడుతుంది. యాంత్రికశాస్త్రదృష్ట్యా రాక్షసిబొగ్గు జడాత్మకమైన వస్తువు; అది రాతిముక్కతో సమానం; అది ఎంత జడాత్మకమైన వస్తువో ఇదీ అంతే. మనుష్యుడి చేతిలో పడకుండా వున్నంతవరకూ అది లక్షలాది సంవత్సరాలవరకూ జడంగానే పడి వుండేది. చివరకు అది మనిషిచేతిలో పడిన తరువాత దానిలో గుప్తశక్తి* ఆక్సిజనిలో కాల్చడం మూలంగా ఉపయోజ్య ఉష్ణత రూపంలోకి మార్చేశాడు. మానవాళి చరిత్రలో ఈ ఆవిష్కరణ ఒక ప్రధానమైన ఉదంతంగా పరిణమించింది. రాక్షసిబొగ్గులోని రసాయనిక గుప్త శక్తిని విముక్తిచేయడమే ఈ ఆవిష్కరణయొక్క అర్థమని మనకీ నాడు తెలుసు. కాని మానవాళి చరిత్రలో మరొక మహత్తరమైన ఉదంతాన్ని నేటి మానవుడు కళ్లారా చూశాడు. ఈ ఉదంతంతో పరమాణు శక్తిపై మానవుడు సార్వభౌమాధికారాన్ని వహించి నూతన శకాన్ని ప్రారంభించాడు. ఈ శకంలోనే మానవాళి చరిత్రలో ఆధునిక ఇంజినీరింగుశాస్త్రంలో ప్రధానమైన నూతనావస్థ సృష్టింపబడి, నేటివరకు మనకు తీర్చశక్యంగాని ఆర్థిక సమస్యలను

---

* ఇలా చెప్పడంలో రాక్షసిబొగ్గుయొక్క గుప్తశక్తి అని రచయిత ఉద్దేశం కానేకాదు. బొగ్గు+ఆక్సిజని అనే వ్యవస్థ కార్బన్‌డైఆక్సైడ్‌గా (దహనమై) మారినప్పుడు విముక్తి చెందిన శక్తి అనే రచయిత ఉద్దేశం. — సంపాదకుడు.

సాధించుటకు శక్తిసామర్థ్యాలు మానకి హస్తగతం అవుతాయి.* పరమాణు కేంద్రకంయొక్క శక్తిని సరైన క్రమవిధానంలో విడుదల చేసినట్టయితే, ఆ శక్తి రాక్షసిబొగ్గు దహనశక్తికంటే ఎంతో అంత అపరిమితమైనది. అయినప్పటికీ మౌలికంగా చూస్తే రెండింటిలోనూ ప్రధానంగా ఒకే రకమైన విధానాన్ని —ద్రవ్యంలో గుప్తంగా వున్న శక్తిని ఉపయోజ్య రూపంలోకి పరివర్తనంచేసి దాన్ని మన ప్రయోజనాలకోసం వినియోగించుకోవడమే — మనం అవలంబించాల్సి వుంది.

ద్రవ్యంతో తుల్యమైన గుప్తశక్తిని ప్రకాశితశక్తి రూపంలోకి కానీ, లేదా ఉష్ణశక్తి రూపంలోకి కానీ పరివర్తనం చేయాలంటే ఏ విధానాలను వినియోగించాలి? ఆధునిక భౌతికశాస్త్ర భావాలను అనుసరించి మూడు విధానాలను సూచించవచ్చు. మొదటిది పదార్థంయొక్క కణాలను సంపూర్ణంగా పరివర్తనం చేయడం — అనగా ప్రోటానులను కాంతిలోకి పరివర్తనం చేయడం. వెనుకటి ప్రకరణంలో (55 పుట) కాంతి పదార్థంలోకి రూపొందడం, కాంతి క్వాంటం ఒక పోసిట్రానూ ఒక ఎలెక్ట్రానుకిందనూ మార్పు చెందడం, మనం చర్చించాం. దీని విలోమ విధానం కూడా సాధ్యమే. అయినా, మామూలు పరిస్థితుల్లో దీని సంభావ్యం అత్యల్పం. కాని సూర్యుని లోపల సాంద్రత, ప్రేషమూ బ్రహ్మాండంగా వుండడంచేతనూ, తాపక్రమం మిలియన్ల డిగ్రీలు వుండడంచేతనూ, ఈ విధానాలు అతి తరుచుగానే జరగడానికి ఎంతేనా అవకాశం వుంది. ఈ విధానాల ఫలితంగా, అంతర్ధానం అయిపోయిన కణాలయొక్క పూర్తి ద్రవ్యరాశి, ప్రకాశిత శక్తి రూపంలో ప్రత్యక్షం అవుతూంది. ఈ విషయాన్ని అవగాహన చేసుకోవడంలో సామాన్యంగా ఒక పొరపాటు జరుగుతూంటుంది. ఆ పొరపాటులో పడకుండా వుండేందుకు ఒక సంగతి మనం గుర్తుంచుకోవాలి. ద్రవ్యరాశి అదృశ్యం అయిపోయి అది శక్తిలోకి మారిపోతుందనే సామాన్యంగా అంటూంటారు. కాని అది పొరపాటు. ఆవిధంగా జరగదు. ఉత్పత్తికాబడిన ఫోటానుల రూపంలో ద్రవ్యరాశి ఉండిపోతుంది. తత్తుల్యమైన

---

*ప్రపంచం అంతటిలోనూ మొట్టమొదటి పారిశ్రామిక పరమాణుశక్తి విద్యుదుత్పాదక కేంద్రం (5,000 కిలోవాట్లు సామర్థ్యం) సోవియట్ యూనియన్‌లో 1954 లో పని చేయడం ప్రారంభించింది. 1958 లో ఒక కొత్త అణుశక్తి విద్యుదుత్పాదకకేంద్రం ఆరంభింపబడింది. ఈ ఉత్పాదకకేంద్రం మొదటి దశయొక్క సామర్థ్యం 1,00,000 కిలోవాట్లు.

ప్రస్తుతం, సోవియట్ యూనియన్‌లోనూ, అనేక ఇతర దేశాల్లోనూ, పరమాణు శక్తిని భౌతికశాస్త్రంలోనూ, సాంకేతిక పద్ధతులలోనూ, వైద్యంలోనూ, జీవశాస్త్రంలోనూ వినియోగిస్తున్నారు. — సం.

శక్తి మాత్రం దాని గుప్తరూపంలోనుంచి ఉపయోజ్య రూపమైన ప్రకాశితశక్తిలోకి మార్పు చెందుతుంది.

ద్రవ్యరాశికి తుల్యమైన గుప్తశక్తిని ఉపయోజ్య శక్తికింద పరివర్తనమొందించడానికి రెండవ విధానం పరమాణు కేంద్రాన్ని విఘటనం చెయ్యడం. చాలా కాలంగా అందరకూ తెలిసిన రేడియం పరమాణు విఘటన ఇందుకు తార్కాణం. అయినప్పటికీ, ఈ విధానం ప్రకృతిలో బహు అరుదుగా సంభవిస్తుంది. తత్కారణంగా, ఈ విధానాన్ని విస్తారమైన పరిమాణంలో శక్తి ఉత్పాదనకు మూలాధారంకింద పరిగణించడానికి వీలు లేదు. బహునెమ్మదైన చలనవేగంగల న్యూట్రానుల ప్రయోగంవలన యురేనియం 235 విదళనము చెందుతుందనే ఆవిష్కరణ జరగడంతో పరమాణు కేంద్రక విఘటనాన్ని శక్తి ఉత్పాదక స్థానంగా వినియోగించే అన్వేషణలో ఒక ముఖ్యమైన పురోగమనం సంభవించింది. మామూలు యురేనియంలో ఈ యురేనియం సమస్థానీయం – ఐసొటోప్ – (ఈ సమస్థానీయంయొక్క పరమాణు భారం 235), 0.7 శాతంవరకే వుంటుంది. ఈ విధానంలో వున్న ముఖ్యమైన సదుపాయం ఏమిటంటే, దీని స్వభావం గొలుసుకట్టు స్వభావం. ప్రతి పరమాణు కేంద్రక విదళనం ఫలితంగా కొత్త న్యూట్రానులు ఉత్పత్తి అవుతూ వుంటాయి. ఇవి మళ్లీ కొత్త విదళనాన్ని కలిగిస్తాంటాయి. ఈ విధంగా విదళనా విధానం జరిగిపోతూనే వుంటుంది. విదళనమవుతూన్న కేంద్రకాలయొక్క గొలుసుకట్టు ఒకటి సంభవిస్తుంది. ఈ గొలుసులో ప్రతి లంకె ఏర్పడినప్పుడూ కూడా విస్తారమైన పరిమాణంలో శక్తి ఉత్పత్తి అవుతూంటుంది. నేటి పరమాణుశక్తి విమోచనా సాంకేతికశాస్త్రమంతటికీ ఈ సంఘటనే మూలాధారంగా ఏర్పడుతూంది. అయినప్పటికీ, విశ్వసనీయములైన సైద్ధాంతిక హేతువులననుసరించి, యురేనియం మొదలైన భారమైన పరమాణువులు సూర్యగోళంలో సంభవించడంలేదని మనకి తెలుసును కాబట్టి, ఇప్పుడు మనం వివరించిన విధానం సూర్యగోళానికి ఏ విధంగానూ వర్తించదు.

అయినప్పటికీ, ద్రవ్యరాశితో నిర్భేధ్యంగా పెనవేసుకొని పోయిన గుప్తశక్తిని ఉపయోజ్య రూపాల్లోకి పరివర్తనంచేయడానికి మూడవ మార్గం మరొకటి వుంది. రెండవ మార్గానికిది సరిగ్గా విరుద్ధమైన మార్గం. పరమాణు కేంద్రకం విదళితమవకుండా మిశ్రితమవుతూంది, అనగా సంయోజితం కాబడుతూంది. పరమాణు భారాలను త్రైఫారు వేసి చూడడంవల్ల ఇది చాలా కాలంనుండీ తెలిసిన విషయమే. ఉదాహరణకి: హైడ్రొజనియొక్క పరమాణు భారం 1.0080, హీలియం 4.003. కాని నాలుగు హైడ్రొజను పరమాణువుల కలయికవల్ల హీలియం నిర్మితం అవుతూండడంచేత, హీలియంయొక్క పరమాణుభారం $4 \times 1.0080 = 4.032$ అయి వుండాలని మనం సహజంగా అనుకుంటాం. రెండింటికీ

భేదం, 4.032–4.003=0.029, ఇది విస్మరింపదగినంత స్వల్ప ద్రవ్యమేమీ కాదు.* హైడ్రొజని కేంద్రకాలనుండి హీలియం కేంద్రకం రూపొందినప్పుడు పదార్థంలో కొంత చెప్పదగ్గ భాగం వికిరణములయొక్క ద్రవ్యరాశికిందో లేక ఇతర శక్తిరూపాలలోనో పరివర్తనం చెందుతూండడమే ఈ వ్యత్యాసానికి కారణం. అంతకంటె మరొక వివరణ అవసరం లేనే లేదు. ఈ శక్తి పరిమాణం బ్రహ్మాండమైనది: ఒక గ్రాము హైడ్రొజని హీలియంలోకి పరివర్తనం చెందినప్పుడు, ఈ పరివర్తనంవల్ల జనితమైన శక్తి, అదే గ్రాము హైడ్రొజని 8 గ్రాముల ఆక్సిజనితో కలిసి దహనమై నీరు అయినప్పుడు ఎంత శక్తి జనిస్తుందో, ఆ శక్తికి 50 లక్షల రెట్లుంటుంది.

హైడ్రొజని కేంద్రకాలనుండి (ప్రోటానులనుండి) హీలియం కేంద్రకాలు ఉత్పన్న మయే విధానమే సౌరశక్తి అంతటికీ మూలాధారమని మనం నమ్మడానికి ప్రబలమైన కారణాలే ఉన్నాయి. ఈ ప్రక్రియ కర్బనకేంద్రకం బహుశ త్వరణకారణంగానో లేక "ప్రేరణకారణం" గానో పనిచేయవచ్చు. పరమాణు కేంద్రకంలో బంధింపబడిన శక్తి సూర్యగోళాంతరంలోని వికిరణాలలోకి పరివర్తించడానికి వాస్తవంగా ఈ ప్రక్రియే కారణం అన్న విషయం మాత్రం ఇంకా స్థిరపడలేదనే చెప్పాలి; ఇదే కారణమవడానికి అనేక అవకాశాలు వున్నాయనేది మాత్రం నిశ్చయం. భూమిమీద మనం అందుకుంటూన్న సౌరకాంతి ఒక బృహత్తరమైన యంత్రం పనిచేయడంయొక్క ఫలితమనీ, ఈ యంత్రం సూర్యగోళాంతరంలో కోటానకోట్ల సంవత్స రాలుగా పనిచేస్తూ పరమాణుశక్తిని విడుదల చేస్తూన్నదనీ నిస్సందేహంగా చెప్పవచ్చు.

సూర్యగోళాంతరంలో సంభవించుతూన్న బ్రహ్మాండమైన ప్రేషన్నీ తాపక్రమాలనూ మానవ ప్రపంచంలో మానవ ప్రయోగశాలలో పునరుత్పత్తి చేయడం మనకి సాధ్యం కాదు. అయితే, వికిరణ ఫలితంగా సౌరద్రవ్యరాశి నిరంతరంగా తగ్గిపోతూండడం మాత్రం నిస్సందేహం. మామూలు భాషలో చెప్పాలంటే సూర్యుడు అంతకంతకు దగ్ధం అయిపోతు న్నాడనే అనాలి. అనగా, దహన ఫలితంగా ఉపయోగంలేని జడములైన ద్రవ్యరాసులు సంభ విస్తాయి అనే మామూలు రసాయనిక భావంలో ఈ దహనాన్ని అర్థంచేసుకోకూడదు. ఈ సందర్భంలో క్రియాత్మకమైన శక్తిరూపంలో, అనగా ప్రకాశితములైన వికిరణాల రూపంలో, ఈ ద్రవ్యరాశి విశ్వప్రదేశంలోకి వెళిపోతూంటుంది. రెండు లీటర్ల జలద్రవ్యరాశి సూర్యుని

---

* ఇంకా నిశితంగా చెప్పాలంటే, హీలియం కేంద్రకం, రెండు ప్రోటానులతోనూ (హైడ్రొ జని కేంద్రకాలు), రెండు న్యూట్రానులతోనూ నిర్మితమవుతూంది. ఈ విషయాన్ని లెక్కలోకి తీసుకొనే పక్షంలో, హీలియం పరమాణు భారానికీ దాని నిర్మాణంలో వున్న కణాల భారానికీ వున్న వ్యత్యాసం 0.030 వరకూ పెరుగుతుంది — సంపాదకుడు.

నుండి ఒక సెకనులో భూమి అంతటి ఉపరితలంమీద పడే కాంతియొక్క ద్రవ్యరాశితో, సమానం అన్న విషయం మనం ఇదివరకే తెలుసుకున్నాం. అయితే, రెండు కిలోగ్రాముల కాంతి ఆధారంగా ఈ భూప్రపంచం అంతా తన మనుగడను సాగిస్తూండగా, రెండు లీటర్ల జలం ఎందుకూ అక్కరకురాని నిరర్థకమైన అతిస్వల్పాతి స్వల్పం.

సౌరకిరణాలు ప్రసరిస్తూన్నప్పుడు వాటితో కూడా అవి సౌరద్రవ్యరాశిని మోసుకొని తీసుకొస్తున్నాయి. సూర్యుడినుండి వచ్చే పదార్థరాహిత్యమైనట్టి దూత మాత్రం కాదు కాంతి. అది సాక్షాత్తూ సూర్యుడే. పరిణతిచెంది శక్తిమంతంగా పరాకాష్ఠచెందిన ఉపయోజ్య రూపంలో, కాంతి రూపాన్ని ధరించిన సూర్యపదార్థంలోని భాగమే అది.

కన్ను*

Das Auge hat sein Dasein dem Licht zu dan ken. Aus gleichgültigen tierischen Hilfsorganen ruft sich das Licht ein Organ hervor, das seines Gleichen werde; und so bildet sich das Auge am Licht für das Licht, damit das innere Licht dem äußeren Licht entgegentrete.

Goethe

కంటికి కాంతే ఆధారం. కాంతి వుండడంవల్లే కన్ను ఉంది. జంతువులకున్న సహాయభూతములైన సాధారణ అవయవాలన్నింటిలో తన స్వభావాన్ని పోలి, తనును అనుకరింప సామర్థ్యంగల అవయవాన్ని కాంతే సృజించుతుంది. ఈ విధంగా కాంతిలో కాంతికోసం అంతర్గత కాంతి బాహ్యకాంతితో మేళవించేందుకు జన్మమెత్తింది కన్ను.

గ్యోతే

నీ కాంతి కిరణాలే నీవు సృష్టించిన ప్రాణులన్నింటికీ కన్నులను సృజించాయి.

ఆటొన్ స్తోత్ర మంత్రం

కంటికి మించిన నమ్మకమైన బంటూ కంటికి మించిన బలమైన అంగరక్షకుడూ జీవికి మరొకటి లేదు. కంటితో చూడడమూ అంటే — స్నేహితుడెవడో శత్రువెవడో గుర్తెరగడం

---

* శారీరక చాక్షుషశాస్త్ర పరిభాష కనుగుణంగా వుండేందుకై ఈ ప్రకరణంలో అత్యంత స్వల్పములైన మార్పులు కొన్ని చేయబడ్డాయి. కాంతిశాస్త్రం అంగీకరించిన నిశిత పారిభాషిక పదజాలాన్ని విడిచిపెట్టి ఎస్. ఐ. వవీలొవ్ అక్కడక్కడ సామాన్యభాషనే ఉపయోగించుతాడు. పారిభాషిక పదాలనే వాడుకచేస్తే అవి క్లిష్టంగా వుండడంవల్ల జనబాహుళ్యంకోసం ఉద్దేశించబడిన గ్రంథం సుబోధకంగా వుండదనే అభిప్రాయంతో ఈ విధంగా ఆయన చెయ్యాలనే చేసివుంటాడు. ఈ కారణంచేత వీటిని యథాతథంగానే వుంచేసి కొన్ని పొరపాట్లనూ అచ్చు తప్పులనూ మాత్రమే సరిదిద్దాం. — సంపాదకుడు.

అన్నమాట; తన పరిసరాలలోని వివరాలనన్నీ తెలుసుకోవడం అన్నమాట. మిగతా జ్ఞానేంద్రియాలన్నీ కూడా ఈ విధులనే నిర్వర్తిస్తున్నప్పటికీ, బలహీనంగానే మోటుగానే అవి నిర్వహిస్తున్నాయి. స్పర్శజ్ఞానమూ శీతలోష్ణజ్ఞానమూ, వీటివల్ల బాహ్య ప్రపంచం గురించిన విషయాలు మనకి తెలుస్తున్నా, వాటితో ప్రత్యక్ష సంబంధం కలుగుతేనే గాని అవి పనిచేయలేవు; శ్రవణేంద్రియ ఘ్రాణేంద్రియాలు దూరంనుండి వచ్చే వార్తలను గాలిద్వారా మనకి అందిచ్చినప్పటికీ ఆ వార్తలు ఎక్కడనుండి వస్తున్నాయో ఆ దూరాన్నిగాని, ఏ దిశనుండి వస్తున్నాయో ఆ దిశనుగాని, వార్తలు ఏ వస్తువునుండి వస్తున్నాయో ఆ వస్తువు ఆకృతిని గాని అవి మనకి పూర్తిగా చెప్పలేవు. పరమాణువులంటూ ఏవీ లేవు, వుంటే మాకు చూపించండి అని వెనకటి పరమాణువుల ఉనికిని ప్రతిఘటించేవారందరూ నిరంతరమూ వాదించుతూండగా, పరమాణువులు వాస్తవంగా ఉన్నాయని చెపుతూ ఆ విషయాన్ని ఇతరులకు నచ్చచెప్పేందుకని వ్యష్టి పరమాణువు కక్ష్యలను చివరకు మనం చూడగలగడంలో కృతార్థులమైనాం అని చెపుతున్నాడు నేటికాలపు భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు. ఈ ఉద్దేశాన్నే వ్యక్తంచేస్తూ వెనకే అన్నాడు అనాక్సాగొరన్: ''కనబడనివి కనబడేటట్టు చేసేదే దృష్టి'' అన్నాడు. దృష్టివల్లనే అదృశ్య ప్రపంచం వాస్తవంకింద మారుతుంది.

భౌతిక ఉపకరణంకింద ఆదర్శప్రాయమైన కన్ను నిర్వర్తించవలసిన విధులు మనకు స్పష్టంగా తెలుస్తూనే వున్నాయి. మన చుట్టుపక్కల వుండే వస్తువులు కాంతిని ఉద్గమిస్తున్నాయి. ఆ కిరణాల దిశ, శక్తి, వర్ణమాలా సంఘట్టన, ధ్రువనం, వీటినన్నిటినీ కన్ను గ్రహిస్తుంది. వస్తువుయొక్క ప్రతి ప్రాంతంనుండీ ప్రత్యేకమైనట్టీ స్వాభావికమైనట్టీ అనుభూతులను అందుకోవాలి కన్ను. అంతా ఆదర్శప్రాయంగా జరగాలంటే, ఈ అనుభూతులన్నీ, మెదడు కేంద్రంలో మేళవించి, ఆ వికిరణ ఉపరితలంయొక్క అన్ని చాక్షుష విశిష్ట లక్షణాలనూ కల్గిన వాస్తవమైన నకలును ఉత్పత్తిచెయ్యాలి. వార్తయొక్క ప్రాదేశిక యథార్థత అన్నిటికంటే ముఖ్యమైన విషయం. ఆకారమూ, పరిమాణాలూ, దూరాలు, వీటి గురించి సరియైన భోగట్టా మెదడుకి అందజేయాలి. ఇది జరిగిన తరువాత, ఆ జీవరాశియొక్క అవసరాలనుబట్టి తనకు అందిన భోగట్టాలో మార్పులనూ చేర్పులనూ మెదడు చేయగలుగుతుంది.

ఈ చక్కని పనిని కన్ను ఇంచుమించు జయప్రదంగానే నిర్వర్తించగలుగుతూందన్న విషయాన్ని మనం ఈ ప్రకరణంలో తెలుసుకొనబోతున్నాం.

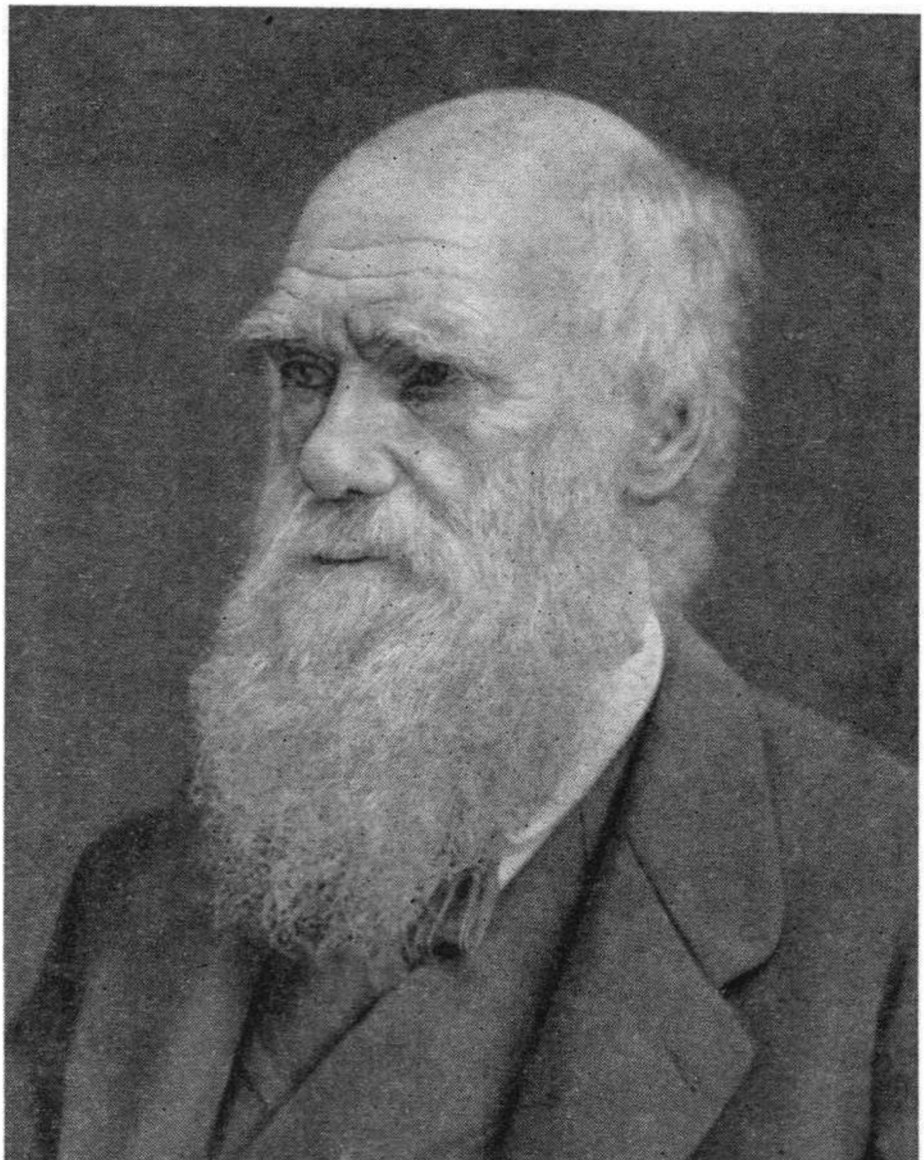
ఆధునిక చాక్షుషశాస్త్రజ్ఞుడు ఎంతో అంత భౌతికజ్ఞానాన్ని కలిగినవాడై కావలసినంత సాంకేతిక విధానాలను తన చేతిలో పెట్టుకుని వున్నప్పటికీ, ఒక్కొక్కప్పుడు అతనికంటె చాక్షుష క్లిష్ట సంఘటనలను జయప్రదంగా ఎదుర్కొనగలిగే ఈ సజీవ సహాయకావయవము ఏ విధంగా ఉత్పత్తిపొందింది? దీని పుట్టుపూర్వోత్తరం ఏమిటి?

జీవశాస్త్రంలో డార్విన్ నిర్వచించిన పరిణామ సిద్ధాంతం ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాన్ని ఇచ్చింది. అత్యంత దీర్ఘకాల వ్యవధిలో కొనసాగుతూ వచ్చిన "ప్రకృతి వరణ" విధాన ఫలితంగా, అనగా పరిసర పరిస్థితుల ప్రభావంవల్లనూ, బ్రతుకు తెరువుకు పెనగులాటలో నెగ్గుటకుగాను బాహ్యప్రపంచానికి అనుకూలించే విధంగానూ, ఆర్గానిజం మార్పుచెందడం ఫలితంగా, కన్ను అభివృద్ధిని పొంది నేటి పరిణతస్థితిని అందుకొంది.

ఏ శరీరనిర్మాణాత్మకములైన లక్షణాలు బాహ్యపరిస్థితులకు అనుకూలంగా వుండి, బ్రతుకు తెరువు పెనగులాటలో జీవశక్తిని చేకూర్చుతాయో, అట్టి లక్షణాలను అది నిలబెట్టుకొనగలిగేటట్లు అనువంశికత్వమనే మహత్తర సంఘటన ఆర్గానిజముకు హామీలను ఇస్తూంది. పరిసర పరిస్థితుల ప్రభావ వైవిధ్యం వివిధ వ్యక్తులలో వుండే వ్యత్యాసాలను కలుగజేస్తూంది. ఈ వ్యత్యాసాలు ఒక్కొక్కప్పుడు ఆ యా వ్యక్తులకు ఇతరులకంటె లాభకరములుగా పరిణమించి ముందుకు రాగలిగే అవకాశలను కలిగించవచ్చు. ఈ విధంగా "ప్రకృతి వరణం" పని చేస్తుంది. తత్ఫలితంగా అందరికంటే బలవంతులే, అనగా బాహ్యపరిస్థితులకు అనుకూలంగా మార్పు చెందగలిగిన జీవులే నిశింపక జీవించగలుగుతాయి.

మన చుట్టూ వున్న జీవకోటియొక్క అసంఖ్యాకములైన రూప వైవిధ్యాలలో ఈ చాక్షుషసమస్యకు అనేక విధములైన సమాధానాలు మనకి ఎదురుపడుతున్నాయి. అయినప్పటికీ ఇన్ని సమాధానాల్లోనూ ఏ ఒక్కటీ సంపూర్ణమైనది కాకపోయినా, అన్నిటిలోనూ కూడా చాలావరకూ హేతుబద్ధమైన విషయాలే వుంటూ, మానవుని దృక్స్థానమండి "తెలివైనవి" గానే కనబడుతాయి.

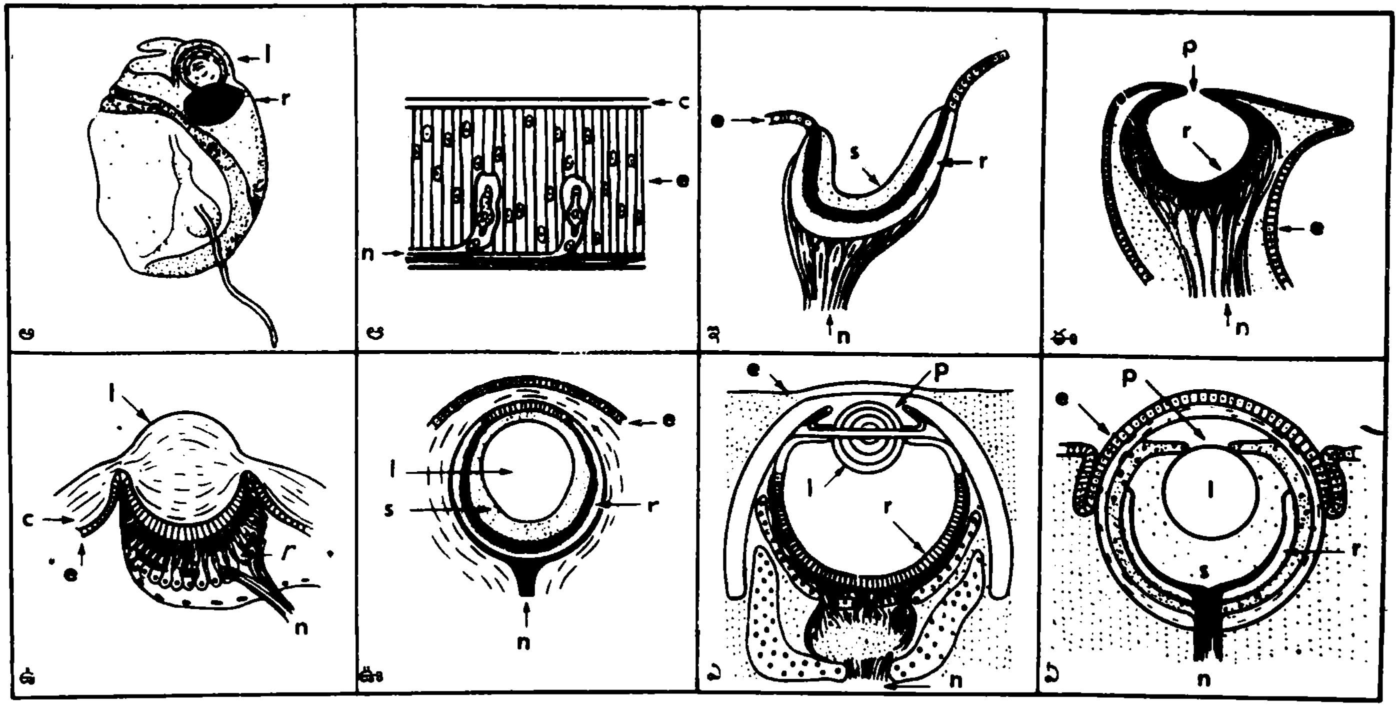
ఈ చాక్షుషసమస్యకు లభించిన వివిధ సమాధానాల దృష్టాంతాలున్నూ బాహ్య ప్రపంచాన్ని ప్రత్యక్షంగా తెలుసుకొనేందుకు ఏర్పడిన అనేక రకాల "పరికరాల" "నమూనాలు"న్నూ 32 వ పటంలో చూపడమయింది. ఏకకణ జీవియొక్క "కన్ను" దృష్టాంతం ఒకటి ఈ పటం "అ" లో చూపబడింది. ఈ కంటిలో గోళా కార కటకము "*l*", ఇంద్రియజ్ఞాన పదార్థము ఎదుట అమర్చి వుంది. బింబాలను ఉత్పత్తి చేయడానికి ఈ విధంగా తయారు చేయబడిన అవయవం ఉపయోగపడుతుందనడానికి ఎంతమాత్రమూ వీలులేదు. కటకమూ, అక్షిపటలమూ, ఈ రెండు కూడా అతి చిన్నవిగా వుండడం ఫలితంగా తీవ్రమైన వివర్తన సంఘటన సంభవించడంవల్ల బింబం వికృతమైపోతుంది. ఈ పటం "ఆ" లో వానపాముకుండే "చక్షురింద్రియములు" చూపబడ్డాయి. ఈ జీవికి కళ్ళు లేవు, కాని దాని శరీరమంతకీ కూడా కాంతిని తెలుసుకొనే ఇంద్రియజ్ఞానం వుంది; సన్నని మజ్జాపక్ష్మములతో సంబంధంగల చాక్షుషకణములు ("కంటి నలుసులు") శరీరంమీద అంతటా వున్నాయి. ఇందుచేత బింబాలు ఏర్పడడం అనే ప్రశ్నకే ఆస్కారం లేదు. 32 వ పటం "ఇ" లో ఈ చాక్షుషసమస్యకే మరొక



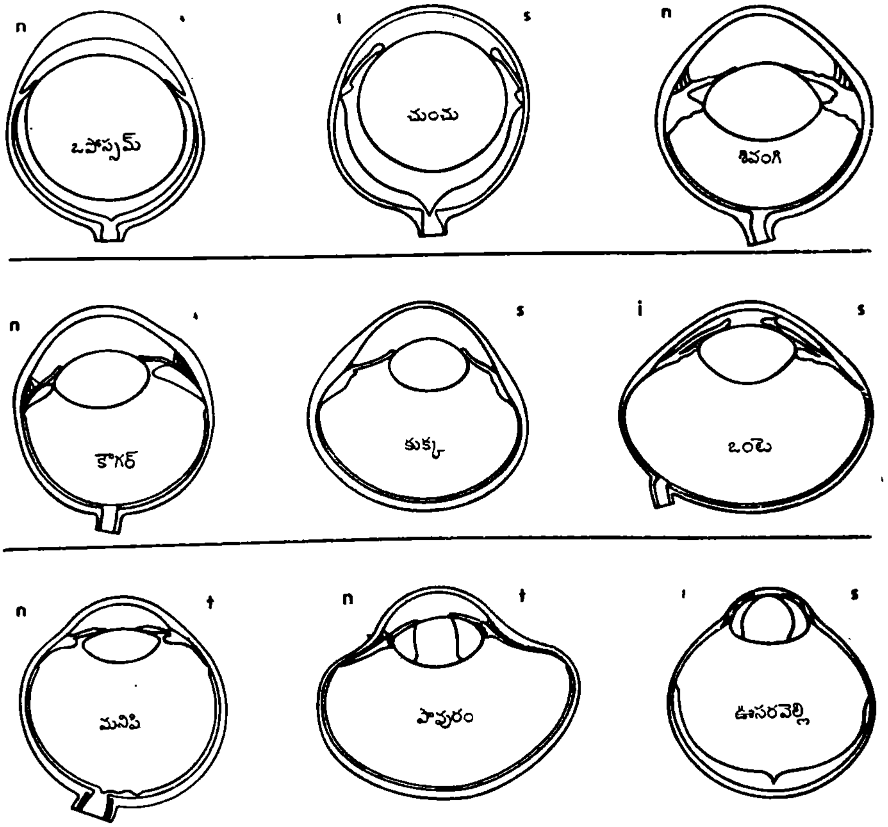
చార్లెస్ డార్విన్ (1809–1882)

సమాధానం చూపబడింది. ఈ సమాధానం కూడా మోటు సమాధానమే. కొద్దిగా చెవిని పోలినట్టే వున్న చిన్న "చాకుషాఖాతం" ఒకటి ఏర్పడింది. ఈ గోయే కాంతిని గ్రహిస్తుంది. ఈ సాధనాన్ని కలిగిన ఆర్గానిజం, ప్రకాశిత వస్తువు రమారమీ ఏ దిశనుండో అంతమాత్రమే గ్రహించగలుగుతుంది; అంతకు మించి అది మరేమీ తెలుసుకో లేదు. 32 వ పటం "ఈ" లో ఇంతకంటే మరికొంత ముందుకు పురోగమించిన సమాధానం కనబడుతూంది. దీనిలో సూక్ష్మరంధ్రం "p"ఒకటిన్నీ, కాంతిని గ్రహించగలిగిన అంతర కుహరం "r"ఒకటీ వుంది. దీన్ని చూస్తే ఇది ఒక సజీవమైన కామెరా అబ్స్క్యూరా అని మనకి అనిపిస్తుంది. ఆల్చిప్ప చకురింద్రియాలు ఈ విధంగా వుంటాయి. 32 వ పటంలో "ఉ", "ఊ", "ఎ", "ఏ" చిత్రాలల్లో కటకములతో అమర్చబడిన చకురింద్రియముల దృష్టాంతాలు నాలుగు చూపబడ్డాయి. ఒక దానికంటె ఒకటి మరింత పరిణతిని చెందుతూ ఈ నాలుగు దృష్టాంతాలూ క్రమానుగతంగా నాలుగు పరిణతిదశలను కనబర్చుతున్నాయి. మొదటిది తేలుయొక్క చకురింద్రియం. ఈ సాధనం చాలా మోటుగానే ఉంది: దానిలో ఉన్నదంతా ఒక కాంతిని గ్రహించగలిగిన పొర "r", ఈ పొర ముందు దగ్గరగా అమర్చబడిన గోళాకారకటకమూ. ప్రాచీనకాలంలో మన పూర్వులు ఇలాంటి గాజు గోళాలనే నిప్పును పుట్టించే అద్దాలుగా వాడేవారని గాథలలో చెప్తారు. ఇలాగే ప్రప్రథమంగా ల్యేవెన్‌హుక్ కనిపెట్టిన మైక్రాస్కోపులో కూడా తేనె బొట్టులను "కటకముల"కింద వాడేవారు. నత్తగుల్ల స్థాయినుండి "మోల్లస్కులు" వర్గపు స్థాయినుండి, మనిషి కంటిని పోలిన వెన్నెముకజీవులలో కన్ను యేవిధంగా క్రమేణా అభివృద్ధిచెందినదీ 32 వ పటంలో వున్న "ఊ", "ఎ", "ఏ" చిత్రాలు తెలుపుతున్నాయి. వెన్నెముకగల జంతు జాతిలో చేరిన ఒపోస్సమ్, చుంచు, సివంగి మొదలగు రాత్రి సంచరించు కొన్ని జంతువుల కళ్లయొక్క కౌగర్, కుక్క, ఒంటె, మనిషి, పావురం, ఊసరవెల్లి మొదలగు పగటిపూట సంచరించే కొన్ని జంతువుల కళ్లయొక్క నిలువు చీలికలు 33 వ పటంలో చూడవచ్చును. చాకుషశాస్త్రదృష్ట్యా ఈ దృష్టి సమస్య అనేక విధాలుగా సాధింపబడినట్టు మరే ఇతర వ్యాఖ్యానమూ లేకుండానే ఈ చిత్రాలవల్లనే మనకి తేటతెల్లమవుతూంది.

పరిసరాలకు అనుగుణ్యంగా అనువర్తించేందుకు సజీవ ఆర్గానిజములు ఏ విధంగా మార్పు చెందుతాయో తెలుసుకొనేందుకు, సూర్యరశ్మి చొరబడడానికి అత్యంత స్వల్పావకాశంగల నడిసముద్రపు అడుగున అతి లోతు ప్రదేశాలలో జీవించే చేపల కళ్ల స్వభావాలు చక్కని దృష్టాంతరాన్ని ఇస్తున్నాయి. అంత లోతున వెలుతురు వుండదు, కాబట్టి అచ్చట జీవించే చేపలకి కళ్ళు వుండవనే మనం సహజంగా అనుకుంటాం. ఇలా అనుకోవడం మాత్రం పొరపాటే అవుతుంది. సముద్రంలో విస్తారం లోతును జీవించే అనేక జాతుల చేపలకు కళ్ళు ఉండడమే



32 వ పటం. జంతుప్రపంచంలో దృష్టిగోచరత్వాన్ని సాధించడానికి అవలంబింపబడిన వివిధ విధానాలు: అ — *Pouchetia cornuta* అనే ఏకకణజీవి; ఆ — వానపాముయొక్క శరీర ఉపరితలమంతటా అమర్చబడివున్న కంటి నలుసులు; ఇ — *Patella bivalve* అనే గుల్లయొక్క గుంట ఆకారంలోవున్న చకురింద్రియం; ఈ ఆల్చిప్పయొక్క కామెరా అబ్‌స్క్యూరా మాదిరిగా వున్న కన్ను; ఉ — కేంద్రీకృతమును చేయగల కటకముతో అమర్చబడిన *Euscorpine* అనే తేలుయొక్క కన్ను; ఊ — *Murex* నత్తగుల్లయొక్క కన్ను; ఎ — కెఫలోపాడ్ వర్గానికి చెందిన ***Loliga*** అనే సముద్రజీవియొక్క బింబాన్ని ఉత్పన్నము చేయగలిగిన కన్ను; ఏ — వెన్నుమకజాతి జంతువుయొక్క కన్ను; *c* — చర్మముయొక్క పైపొర; *e* — లోపలి శ్లేష్మకళ పైపొర; *l* — కటకము; *n* — నాడిపోగులు; *p* — కంటిపాప; *r* — అక్షిపటలం; *s* — అంతర పారదర్శక యానము.



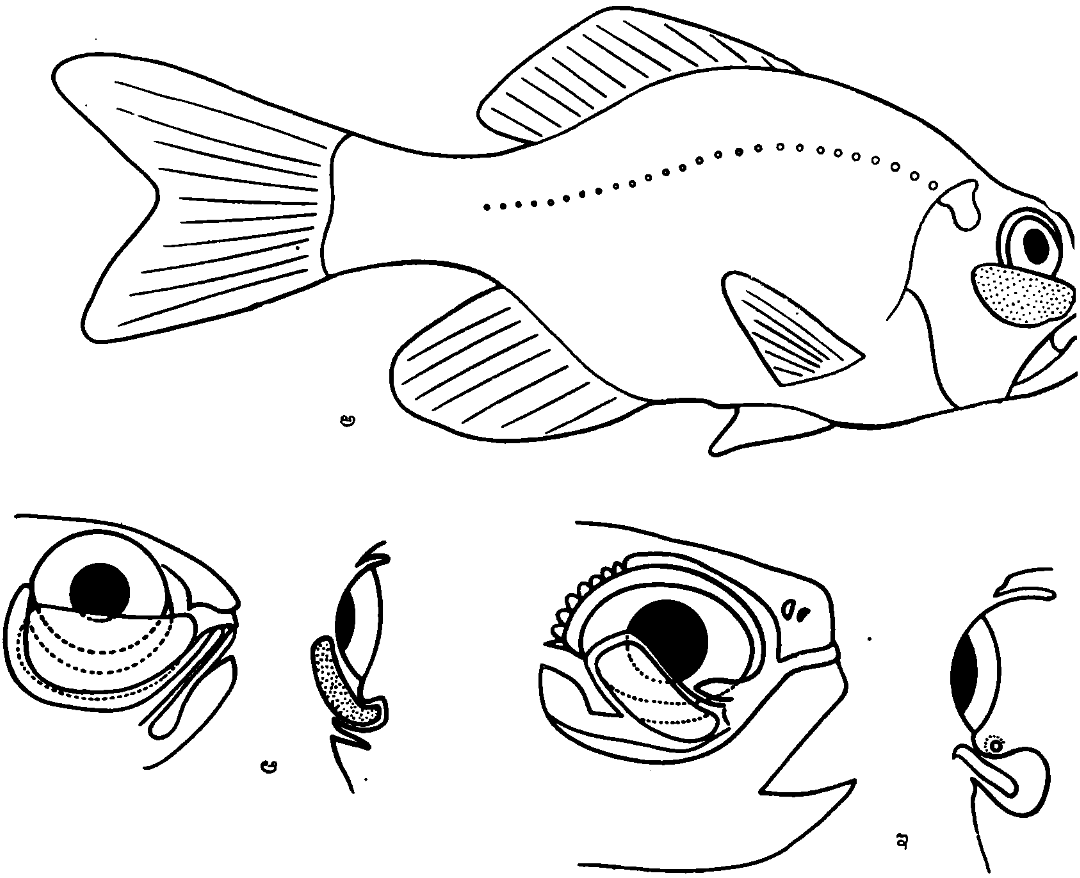
33 వ పటం. నిలువుచీలికలో చూపబడిన వివిధములైన వెన్నెముకజాతి జంతువులయొక్క కళ్లు.

కాకుండా, సాపేక్షంగా చూస్తే, వెన్నెముక జంతువులన్నింటిలోకీ, వీటికే పెద్ద కళ్లు వున్నాయి. ఇంతేకాకుండా, వెలుతురును గ్రహించడంలో జంతు ప్రపంచం అంతటిలోనూ, వీటి కళ్లే అత్యంత సునిశితములైనవని కూడా మనకి ప్రత్యక్షంగా తెలుస్తూంది. అంతటి లోతు ప్రదేశాల్లో వెలుతురు ఉండదుకదా, అటువంటప్పుడు, యీ విషయానికీ, ఈ చేపలకి అంత సునిశితమైన కళ్లు వున్నాయన్న విషయానికీ ఎలాగు పొసుగుతుంది? — అని మనం ప్రశ్నించవచ్చు. సముద్రంలోని అత్యంత నిమ్నప్రదేశాలలోనికి కూడా ఎంత మసగ మసగగానైనా సూర్యరశ్మి చొరబడుతుంది అన్న వాస్తవాంశమే ఈ ప్రశ్నకి సమాధానం. ఆహారాన్ని వెతకి సంపాదించుకోవడానికీ, సంతానాభివృద్ధికీ, బతుకు తెరువు పెనగులాటలో నిలబడగలగడానికీ, దృష్టి

జ్ఞానం ఎంత అవసరమంటే, అంతటి లోతు ప్రదేశాల్లో కూడా, "ఇది లేకపోయినా గడిచి పోతుంది గనుక మనం కృషిచేయనవసరం లేదు" అనే సూత్రంతో సరిపెట్టుకొని ఉన్న కంటిని వాడుక చెయ్యకుండా క్షీణింపజేసుకొనే బదులు, దానిని మరింత సునిశిత పరచడమే అత్యంత ఆవశ్యకమవుతుంది.

సముద్రంలో చాలా లోతున నివసించే జంతువులు కళ్లను కల్గివుండడానికి, అంత లోతున కూడా వెలుతురు కిరణాలు లీలగానైనా చొరబడడం ఒక్కటే కారణం కాదు. అతి లోతైన సముద్రాలలో వుండే చేపలకి స్వయంగా కాంతిని ఉత్పన్నం చేసుకొనగలిగే సామర్థ్యం కూడా వుంది. ఈ విధంగా ఈ చేపలు తమ పరిసరాలలో కొంత వెలుగును కలిగించి, చాక్షుషజ్ఞానం కలిగి వున్న ఇతర జంతువులకు తమ ఉనికిని తెలియజేయగలుగుతున్నాయి. ఈ విధంగా వెలుగును ఉత్పన్నంచేయడానికి వాటి శరీరంపై కళ్లకి దగ్గరనో లేక శరీరంమీద ఇతరస్థలాలలోనో ప్రకాశితములైన అవయవాలను అవి ఉత్పత్తిచేసుకొంటున్నాయి. 34 వ పటంలో చూపబడిన *Photoblepharon palpebratus, Anomalops katoptron* అనే రెండు రకాల చేపలకి . వాటి కంటిదగ్గరనే తళతళమెరుస్తూ ప్రకాశమానములగు కణధాతువులుంటాయి (చిత్రాలో ఈ భాగాలకి చుక్కలు పెట్టి వున్నాయి). ఆక్సీకరణ ఫలితంగా ఈ శరీరధాతువులు తళతళమెరుస్తూ అవి ఆ చేపకి "హెడ్‌లైట్లు" లాగున వెలుగుతూ, చేపకి దారిని చూపిస్తూ, దానికి ఎదురుపడే ఇతర వస్తువులను తెలుపుతూ వుంటాయి. అయితే ఈ "హెడ్‌లైట్లు" వుండడం చేపకి ఒక విధంగా ప్రమాదకారణమే అవుతుంది. ఎందుచేతనంటే, ఈ దీపాలు ఉండడంవల్ల చేపయొక్క జాడ దాని శత్రువులకు తెలిసిపోతుంది. ఈ హేతువును పటంలో చూపబడిన రెండు జాతుల చేపలకీ తళతళ మెరిసే "హెడ్‌లైట్ల"ను మరుగు పరచేసుకోవడానికి వీలుగా వుండేలాగున కంటి రెప్పలను పోలిన సాధనాలు వాటికున్నాయి. ఇందుకు మొదట పేర్కొన్న చేపకి ప్రత్యేకంగా డిప్పలాంటి చర్మంలో నల్లని మడతను అవసరం అయినప్పుడల్లా కంటికి ముందు తెరలాగున అడ్డుగా నిర్మించుకొని అవసరం తీరిన తరువాత మళ్లీ ఈ తెరని లాగేసుకుంటుంది. రెండవ చేప తళతళమెరిసే శరీరధాతువులను ప్రత్యేకమైన రక్షణసంచులలోకి క్రుంగదీసేసుకొంటాయి (34 వ పటంలో "ఇ" చిత్రం). సముద్రపు అడుగున వుండే చేపలలో ఈ ప్రకాశిత దీపాలుండడం ఏమంత అరుదైన విషయంకానే కాదు. ఈ చేపలలో 90 శాతానికి పైగానే ఈ దీపాలున్నాయి.

మనుష్యునికున్న కంటిని గురించి ఇక మనం ప్రస్తావించ వలసి వుంది. కంటికీ సూర్యునికీ ఉన్న సంబంధాన్ని చూపడమే ఈ పుస్తకంయొక్క ప్రధానోద్దేశం కాబట్టి ఇక మనం ఆ విషయాన్ని చర్చించవలసి వుంటుంది. అంతేకాకుండా, ఇంతవరకూ మనుష్యుని కంటి

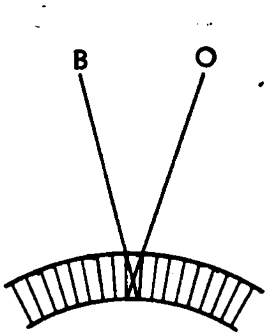


34 వ పటం. ప్రకాశమాన అవయవలను కలిగియున్న చేపలు. ఈ అవయవాలకూ కళ్లకూ దగ్గర సంబంధం వుంది. అ — *Photoblepharon palpebratus*. ఆ — చేప శిరస్సు; పార్శ్వదృశ్యములోనూ నిలువుచీలికలోనూ కనబడుతూన్న ప్రకాశమాన అవయవము, దాన్ని మూసివేసే తెరవంటి డిప్ప; ఇ — *Anomalops katoptron* శిరస్సు పార్శ్వదృశ్యము, నిలువుచీలిక. ప్రకాశనూన అవయవము, దానిని కుంగదీసుకొనుటకు సంచి.

గురించే, కుణ్ణంగా అధ్యయనం చేయడం జరిగింది. అయినా అందు గురించి స్పష్టంగా తెలుసుకోవలసిన వివరాలు ఇంకా నేటికీ ఎన్నో వున్నాయి.

మొదట దైశిక నిర్ణయసమస్య గురించి తీసుకుందాం. వస్తువుయొక్క నిశితమైన రేఖాగణితపు సారూప్యాలను కన్ను ఎలా గ్రహించగలుగుతూంది? ఒక వస్తువుకూ కంటికీ ఉన్న దూరాన్ని ఉజ్జాయింపుమీద కన్ను ఎలాగు పోల్చుకోగలుగుతూంది? ప్రదేశంయొక్క ఒక స్వభావాన్నే వెల్తురు తనతో కూడా తీసుకొస్తూంది. అంత దూరంనుండి ప్రయాణం చేసి

వస్తున్నప్పుడు వెలుతురు కిరణాలకు దిక్సూచన లక్షణం ఒక్కటే వుంటుంది. చాక్షుషజ్ఞానాన్ని కలిగిన కన్ను ఈ దిక్సూచన లక్షణాన్ని ఒక్కదానినే వినియోగించుకోవాలి. పచ్చని ఆకుమీద వెల్తురు కిరణాలు పడినప్పుడు పరిసరాలలో వున్న వస్తువులనుండి వచ్చిన వార్తలను తెచ్చే దూతలలాగు పనిచేయడమే కాకుండా, ఆ ఆకుకి జీవాధారాలే అవుతున్నాయి. సూర్యుని అందుకోవడానికి ఆకు సూర్యుని వేపు తిరుగుతుంది. వెల్తురే ఆ ఆకుని సూర్యుని దిశగా తిరిగేటట్టు చేస్తుంది. సూర్యరశ్మి ఎటు వేపు తగులుతే అటువైపే ఆకులు హెచ్చుగా వుంటాయి. చెట్టు మీద వున్న ఆకులు కూడా, ఒక దాని నీడ మరొకదానిమీద పడకుండా అన్నిటికీ సూర్యరశ్మి తగిలేటట్టు అవి ఒక వరసక్రియంలో కాండంమీద ఏర్పడుతు న్నాయి చాలా చెట్లూ పువ్వులూ పగటిపూటంతా కాండమును అంటి పెట్టుకుని సూర్యాభిముఖంగా తిరుగుతాయి. పెద్ద పెద్ద పొలాలలో మొలుస్తూన్న పొద్దుతిరుగుడుపువ్వులన్నీ, ఎవరో కవాతులో ఆజ్ఞాపించినట్టూ, అన్నీ కలిసి సూర్యుని దిశగానే సూర్యునితో కూడా తిరుగుతూనే వుంటాయి. వెలుతురు దిశగా తిరిగే ఈ లక్షణాన్ని — దీనికి కాంతిదిక్చలనం (ఫోటోట్రోపిజమ్) అంటారు — (ఒకొక్కప్పుడు ఇది వెలుతురుకి వ్యతిరేక దిశలో కూడా కనబడుతుంది) — ఒక చెట్లేకాకుండా, అనేకరకాల సూక్ష్మజీవులు, ఐన్‌ఫ్యుజోరియాలు, ఇంకా తదితరములైన సరళ నిర్మాణముగల ఆర్గానిజములు, ప్రదర్శిస్తాయి. కాంతి యెడల ఈ జీవులు ప్రదర్శించే ప్రక్రియను — అనగా కాంతికిరణాల దిశనూ, కాంతికిరణాలయొక్క శక్తినీ, గ్రహించే ప్రక్రియను — దృష్టియొక్క ఆదిమ రూపంకింద మనం భావించవచ్చు.

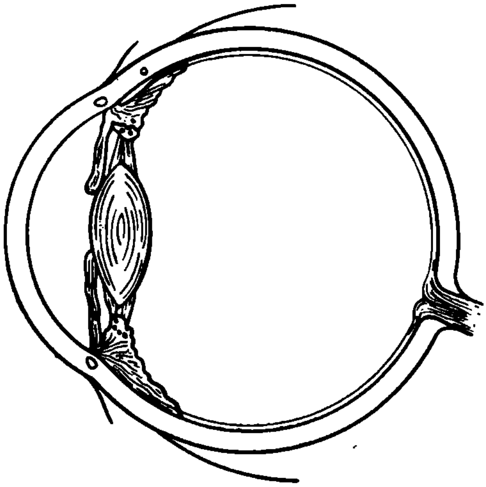


35 వ పటం. కొన్ని కీటకాల కంటియొక్క రేఖాచిత్రం.

కాంతికిరణాలయొక్క దిశను తెలుసుకోవడానికీ, చాక్షుషబింబాలను ఉత్పన్నం చేయడానికీ కొన్ని కీటకాలకు వుండే సాధనాలు 35 వ పటంలో చిత్రించబడ్డాయి. నాడుల కొనలు అల్లుకొనిపోవడంవల్ల ఏర్పడిన అక్షిపటలము (రెటీనా) మీద సూక్ష్మములైన శంకులు తేనెపట్టు మాదిరిగా చిత్రసౌష్టవంగా ఏర్పడి వుంటాయి ఈ ఆర్గానిజములకు. దూరదర్శని గొట్టంయొక్క లోపలి ఉపరితలానికి పూసిన నలుపుపూతలాగే ఈ శంకుల లోపలి ఉపరితలం మీద అంతటా మబ్బుగా వున్న కాంతిని విచూషించే నల్లని వార్నీషులాంటి పదార్థం పూసి వుంటుంది. ఈ కణాలు శంకు ఆకారం కలిగి వుంటున్నాయి కాబట్టి, ఒక్కొక్క కణంలోకి $B, O,$ రేఖల పరిధులలో వున్న కాంతికిరణాలు మాత్రమే ఈ శంకు ఆకారంలో ఉన్న ఒక్క

కణంయొక్క అడుగుభాగంలోకి చొచ్చుకొనిపోగలుగుతాయి వస్తువుయొక్క. మరో భాగానికి చెందిన కిరణాలు మరొక కణంలోకి వెళ్ళుతాయి. దీని ఫలితంగా, వస్తువుయొక్క అస్పష్టమైన రేఖాకృతిని కలిగిన బింబం మాత్రమే అక్షిపటలంమీద పడుతుంది. ఈ అస్పష్టబింబాన్ని బట్టే ఈ జీవి వస్తువుయొక్క ఆకారాన్ని గుర్తించగలుగుతుంది.

ఛాయాచిత్రాలను తీసే కెమేరాను కనిపెట్టినప్పుడు, ఏ విధంగానైతే మొదట కామెరా అబ్‌స్క్యూరాతో ప్రారంభించి, తరువాత వస్తుకటకంతో అమర్చిన కెమేరాను ఏలాగైతే మనిషి పరిణతికి తీసుకొచ్చాడో, సరిగ్గా ఆ రీతినే జీవపరిణామం కూడా చిత్రమైన గొట్టముల అమరికతో మొదట ప్రారంభించి, తరువాత వెన్నెముక జీవులకున్న కటకములను గలిగిన దృష్టి సాధనాల రూపంలో కంటినిర్మాణాన్ని పూర్తిచేసింది. 36 వ పటంలో మనిషి కంటియొక్క నిలువుకోత చిత్రం చూపబడింది. మనిషి కన్ను ఇంచుమించు పూర్ణగోళాకారాన్ని కలిగి వుంది. అప్పుడే జన్మించిన శిశువు కంటిగ్రుడ్డు వ్యాసం 16 మిల్లిమీటర్ల్లూ, పెద్దవాళ్ల కంటిగుడ్డు వ్యాసం 24 మిల్లిమీటర్ల్లూ వుంటుంది. గుర్రపు కంటి వ్యాసం 51 మిల్లిమీటర్లవరకూ వుంటుంది. ఎలుక కన్ను 6 మిల్లిమీటర్లే వుంటుంది. కంటి చుట్టూ సంచీ మాదిరిగా దళసరిగా వున్న తెల్ల గుడ్డుపొర (బాహ్యపటలం) ఒకటి వుంటుంది. ఈ పొరలోని ముందు భాగం (శుక్లపటలం) పారదర్శకంగా వుండి ఉన్నతోదర ఆకారాన్ని కలిగి వుంటుంది. ఈ భాగం 0.5 మిల్లిమీటర్ల మందం వుంటుంది. శుక్లపటలం తరువాత కంటియొక్క ముందు గృహమూ, దీని తరువాత వెనకగృహమూ, అని రెండు భాగాలుంటాయి. ఈ రెండింటికీ మధ్య స్ఫటికకటకం వుంటుంది. కటకానికి సరాసరి ఎదురుగా కనీనికాపటలం — కంటి పాప చుట్టూ వుండే తారామండలం — వుంటుంది. కంటిపాపయొక్క రంధ్రం ఇంచుమించు



36 వ పటం. మనిషికంటియొక్క నిలువుకోత చిత్రం.

గుండ్రంగానే వుంటుంది. ఈ రంధ్రంవల్లనే కంటిలోనికి ప్రవేశించే కాంతి పుంజంయొక్క మందానికి ఒక పరిమితి ఏర్పడుతుంది. స్ఫటికకటకంతో సహా కంటి ముందుగృహం సుమారు 3.6 మిల్లీమీటర్ల దళసరిని కలిగి వుంటుంది. కంటియొక్క ముందుగృహం పారదర్శకమైన ద్రవంతో, వెనుకగృహం పారదర్శకమైన తిరోరసంతో నిండి వుంటుంది. ఈ రెంటి వక్రీభవన గుణకములూ నీటియొక్క వక్రీభవన గుణకంతో — అనగా 1.336 తో సమానంగా వుంటాయి. బాహ్యపటలంయొక్క లోపలి తలంపైన రక్తనాళ వ్యాపితమైన పార ఒకటి వుంటుంది. కంటిని రక్తంతో పోషించడానికి అవసరమైన రక్తనాళాల అల్లికకింద ఈ పారను మనం భావించవచ్చు. రక్తనాళ వ్యాపితమైన ఈ పారయొక్క లోపలి ఉపరితలం (నేత్ర రక్త పటలం) పైన, కాంతి గ్రహణ సామర్థ్యంగల అక్షిపటలం వుంటుంది. ఈ అక్షిపటలానికి రెండు పారలుంటాయి: రంగుపదార్థాలుండే పైపార (వర్ణపదార్థ పటలం); నేత్రనాడి ప్రవేశించి, అనేక చీలికలకింద విడిపోయిన అడుగు పార, లేక మజ్జాతంతు పటలము. అక్షిపటలం అంతటా నాడీ సూక్ష్మతంతులు అల్లుకొనిపోయి ఉంటాయి.

పారదర్శకమైన స్ఫటికకటకంయొక్క నిర్మాణం పారలుపారలుగా వుంటుంది. కనీనికా పటలానికి వున్న కండరాలు స్ఫటికంయొక్క ఉన్నతోదరత్వాన్ని మార్చగలుగుతాయి. కటకపు పారల వక్రీభవన గుణకంయొక్క గరిష్ఠ పరిమితి 1.41 వరకూ వుంటుంది. కెమేరా ప్లేటుమీద ఏ రీతిగా బింబం ఉత్పన్నం అవుతూందో అదే మాదిరిగా అక్షిపటలం మీద కూడా బింబం ఉత్పన్నం అవుతుంది. స్ఫటికకటకంయొక్క ఉన్నతోతదరత్వాన్ని మార్చగలిగే శక్తి (సర్దుబాటు సామర్థ్యం) ఫలితంగా అక్షిపటలంమీద స్పష్టమైన బింబాన్ని కన్ను కేంద్రీకరింపగలుగుతుంది. కంటికి 7 నుండి 10 సెంటిమీటర్ల దూరంలో వున్న వస్తువులను పిల్లలు స్పష్టంగా గమనించగలుగుతారు. దృష్టిలోపం లేని పెద్దవాళ్లు 14 సెంటిమీటర్లకు మించిన దూరంలో వున్న వస్తువులను స్పష్టంగా గమనించగలుగుతారు. వృద్ధాప్యంలో ఈ సర్దుబాటు సామర్థ్యం అంతకంతకు తగ్గిపోతుంది.

కృత్రిమ గాజు కటకాలున్న సులోచనాల సహాయంతో కంటిలో వున్న దృష్టిదోషాలను — హ్రస్వదృష్టికి అపసారిక కటకాలవల్లనూ, దూరదృష్టికి అభిసారిక కటకాలవల్లనూ — దిద్దడానికి వీలవుతుంది. అక్షిపటలంమీద ఏర్పడే బింబం అచ్చంగా నిశితమైనదే అని చెప్పడానికి వీలులేదు. బింబం పెద్దది కాకుండా, కంటి అక్షిపటలంమీద ఏర్పడినప్పుడే, బింబం అచ్చంగా నిశితంగా వుంటుంది. గోళాకార విపథనం అనే ఈ దృష్టిలోపాన్ని కూడా పూర్తిగా దిద్దుబాటు చెయ్యడానికి వీలుంటుందన్న విషయాన్ని మనం ఈ సందర్భంలో గుర్తుంచుకోవాలి. స్ఫటికకటకంలో వున్న పైపారల సాంద్రతకంటె లోపలి పారల సాంద్రత అధికంగా వుండడంవల్లనే ఈ సర్దుబాటు జరుగుతూంది.

కనీనికాపటలంయొక్క క్రియవల్లనే కంటిపాపయొక్క రంధ్రం పెద్దది అవడం కాని చిన్నది అవడంకాని జరుగుతుంది. ఈ రంధ్రాన్ని చిన్నదిగా చేస్తే బింబంయొక్క స్వభావం బాగుపడుతుంది. దీర్ఘదృష్టి వున్నవారు ఈ విషయాన్ని సుళువుగా గుర్తించగలుగుతారు. తీక్ష్ణమైన వెలుతురున్న పరిస్థితుల్లో దగ్గర (25–40 సెంటిమీటర్ల దూరంలో వున్న) వస్తువులు వారికి స్పష్టంగా కనబడుతాయి. ఇలాంటి సందర్భాల్లో కంటిపాప ముడుచు కుంటుందనీ, తత్ఫలితంగా కంటిలో కాంతికిరణాలు ప్రవేశించే కోణం చిన్నదైపోతుందనీ మనం ఇదివరకే తెలుసుకొన్నాం. ఇది ఇలా వుండగా, కంటికిదగ్గరగా వున్న చిన్న అక్షరాలను సులో చనాలు లేకుండానే పిడికిలిని గొట్టంలా ముడిచి ఈ గొట్టంలోనుండి చూచి వట్టి కళ్లతోనే దీర్ఘదృష్టి వున్నవారు చదవగలగుతారన్న విషయం కూడా మనకి తెలుసు.

భుజాక్షంలోనూ లంబాక్షంలోనూ 80 డిగ్రీలవరకూ కంటిగ్రుడ్డును కంటిగూటి లోనే తిప్పగలిగే సామర్థ్యం మనకి వుండడంచేత ఈ దోషాలను కొంతవరకూ సరిచేసుకోవడానికి వీలవుతుంది. ఇలా తిప్పగలగడంవల్ల ఎంత పెద్ద వస్తువునేనా సమగ్రంగా మనం వీక్షించడానికి వీలుపడుతూంది.

ఒంటి కంటితో చూచినప్పటికీ, అక్షిపటలంమీద ఏర్పడే ఇంచుమించు సమతల చిత్రం వల్ల, వస్తువుయొక్క ఆకృతినే కాకుండా కొల్తలనూ, దూరాన్నీ కూడా మనం గ్రహించ గలుగుతున్నాం. ఇదివరకే రెండు కళ్లతోనూ అవేక్షించడంవల్ల దూరాలనీ ఆకృతులనీ పోల్చు కొన్నాం కాబట్టి, ఒంటి కంటితో చూచినప్పుడు, అక్షిపటలంమీద ఏర్పడిన బింబాన్ని వెనకటి అనుభూతులతో పోల్చి చూచుకోవడంవల్ల, మనం ఇప్పటి దూరాన్నీ ఆకృతినీ సరిగానే ఊహించుకోగలగడమే ఇందుకు కారణం కావచ్చు; దూరాన్నీ ఆకృతినీ సరిగా నిర్ధారణచేసు కోవడానికి వెనకట్టి అనుభవమూ అలవాటూ మనకి బాగా సహాయపడుతాయి. ఈ పరిస్థితుల్లో స్ఫటిక కటకంయొక్క సర్దుబాటు సామర్థ్య ఫలితంగా దానికి కలిగే పట్టును అచేతనంగానే మనం గ్రహించి దూరాన్ని అంచనా కట్టగలుగుతున్నాం. ఇందుచేత స్ఫటికకటకంయొక్క ఈ లక్షణం చాలా ముఖ్యమైనది. అచేతనంగా జరిగే కంటి చలనం కూడా ప్రధానమైన పాత్రనే నిర్వర్తిస్తుంది. ఈ చలనంవల్ల కొద్ది కాలవ్యవధిలోనే అనేక దృక్కోణాలనుండి అనేక బింబాలను మనం పొంది, ఈ బింబాలని ఒక దానితో ఒకటి పోల్చిచూచుకొని, తద్వారా ప్రదేశాన్ని మనం సరిగా ఊహించగలుగుతున్నాం.

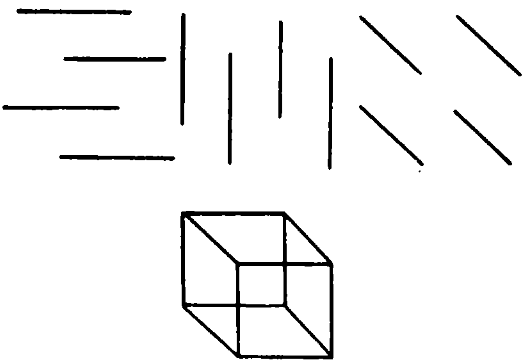
ఏది ఎలాగైనప్పటికీ, ఒక కంటితో చూసినప్పుడు మనకు కలిగే ప్రాదేశిక అనుభూతులను యథార్థంగా నమ్మడానికి మాత్రం వీలులేదు. ఉదాహరణకు: రెండు చేతులలోనూ చెరి ఒక పెన్సిలునీ పట్టుకుని ఒక కన్ను మూసుకొని రెండు పెన్సిళ్లమొనలను ఒక దానితో ఒకటి తాకేటట్టు చేతులను దగ్గరకు తీసుకొనిరావడానికి ప్రయత్నించండి. సాధారణంగా మొదటి

37 వ పటం. ద్వినేత్ర దృష్టి

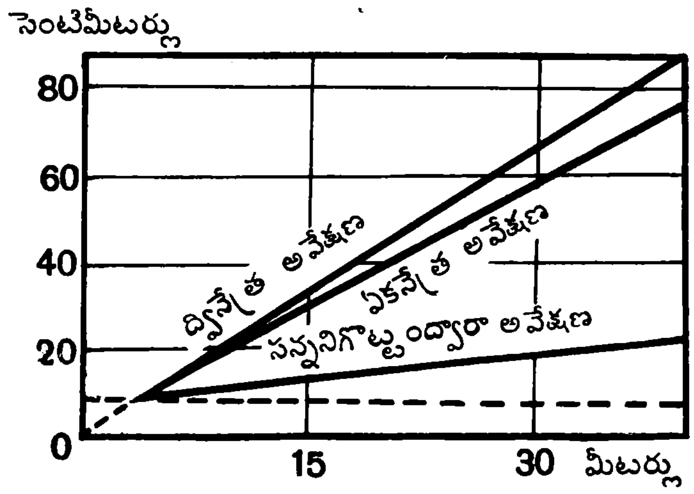
ప్రయత్నంలో మనం తప్పుతాం. రెండు కళ్ళూ తెరిచి ప్రయత్నిస్తే ఎంత మాత్రమూ తప్పం. ఏదేనా ఒక నిర్దిష్టమైన వస్తువుమీద మనం దృష్టిని నిలిపినప్పుడు, మనం కండ్ల అక్షాన్ని ఒక ప్రత్యేకమైన కోణంలో వుంచుతాం (37 వ పటం). ఆ కోణాన్ని అచేతనంగా ఉజ్జాయింపు చేసి నిర్ధారణ చేసుకొంటాం. ఈ కోణంయొక్క విలువను సహజజ్ఞానంతో అంచనాకట్టి ఆ వస్తువుకూ మనకూ ఉండే దూరాన్ని మనం నిర్ణయించుకొంటాం. ఈ విధంగా దూరాన్ని అంచనా చేసుకోవడం, విశాల పరిమితులలో సరిగానే వుంటుంది. స్వకీయాగతాత్మకంగా మనకు కలిగే ఛాయాప్రతిమలూ బింబాలూ మన కంటి అక్షిపటలంమీద పడిన ప్రత్యక్ష భౌతిక బింబాలు కానే కావనీ, ఈ ప్రత్యక్ష బింబాలలో వున్న తప్పులను ఎప్పటికప్పుడు మన మెదడు సరిదిద్దిన తరువాత, ఆలా సరిచేయబడిన బింబాలయొక్క ఛాయాప్రతిమలూ బింబాలూ అని మాత్రం మనం గుర్తుంచుకోవాలి. స్ఫటికకటకంద్వారా అక్షిపటలంమీద ఏర్పడే బింబాలు తలకిందులగా వుంటాయి; ఈ తలకిందులు బింబాలను నిటారుగా చేయడంలో మెదడుయొక్క దిద్దుబాటు వ్యాపారం ప్రధానంగా తటస్థపడుతూంది. ప్రాదేశిక ప్రత్యక్షానుభవంలో, మెదడు నిర్వహించే యీ దిద్దుబాటు వ్యాపారం చాలా ప్రధానమైనది. 38 వ పటం పైభాగంలో ఘనచతురస్రాన్ని రేఖారూపంలో చిత్రించడానికి అవసరమైన ప్రధాన సరళరేఖలను మీరు చూస్తారు; పటం అడుగు భాగంలో ఈ ప్రధాన రేఖలను చేర్చడంవల్ల ఘనచతురస్రం ఏర్పడింది. ఇలాగు ఏర్పడిన తక్షణమే ప్రదేశంయొక్క భావన మనకి కలుగుతూంది. మెదడుయొక్క క్రియవల్లే ఈ భావన మనకి కలుగుతూందని వేరే చెప్పనవసరం లేదు. వర్ణచిత్రాలను వేయడంలో యథార్థమైన క్షేత్రవిక్షేపన (పెర్‌స్పెక్‌టివ్) ప్రదర్శనానికి ఇదే మూలాధారం. వస్తువును సాపేక్షంగా దూరాన వున్నట్టు చూపించాలంటే, వస్తువుయొక్క పరిమాణాలను చిత్రంలో చిన్నవిగా చూపెట్టాలి. బొమ్మలో ఇద్దరు మనుష్యులు ఉన్నారనుకుందాం. బొమ్మను చూస్తూన్న అవేక్షకునికి మొదటి మనిషికీ వుండే దూరంకంటె, అతనికీ రెండవ మనిషికీ వుండే దూరం రెండింతలనుకుందాం. ఈ విషయాన్నే చిత్రంలో చూపాలంటే మొదటి

మనిషికంటె రెండవ మనిషి పరిమాణం సగానికి సగం వుండాలి. చిత్రంలో ఇద్దరి మనుష్యుల పరిమాణాలూ భేదంగా వున్నప్పటికీ, క్షేత్రవిక్షేపంలో దూరపు మనిషియొక్క పరిమాణాన్ని తగ్గించేయడం మూలంగా, ఇద్దరి పొడుగూ ఒకటే అయినట్టు స్వకీయగతాత్మకంగా అవుపడుతుంది.

ఒక వస్తువుయొక్క వ్యక్తపరిమాణానికీ ఆ వస్తువుకీ అవేక్షకునికీ వుండే దూరానికీ గల సంబంధాన్ని తెలియజేయడానికి గల్‌వే, బోరింగ్ ఇద్దరూ కలిసి చేసిన ప్రయోగాల ఫలితాలు 39 వ పటంలో కనబర్చడమైంది. అవేక్షించబడిన వస్తువు ప్రకాశమానమైన పళ్లెం. పళ్లెంయొక్క కోణీయ పరిమాణం స్థిరంగానే వున్నా, అవేక్షకునికీ పళ్లేనికీ వున్న దూరం మాత్రం 3 మీటర్లనుంచి 36 మీటర్లవరకూ మారుతూ వచ్చింది. ఈ పళ్లెంయొక్క వ్యక్త పరిమాణాన్ని, 3 మీటర్ల దూరంలోనే స్థిరంగా వుంచిన మరొక ప్రకాశమానమైన పళ్లెంతో పోల్చిచూడబడింది. ఈ రెండవ పళ్లెంయొక్క వ్యాసం ఎప్పటికప్పుడు మార్చడానికి వీలుండడంవల్ల, దీనియొక్క పరిమాణాన్ని మొదటి పళ్లెంయొక్క వ్యక్తపరిమాణంతో సమానంగా చేయడానికి వీలు కలుగుతుంది. 39 వ పటంలో భుజాక్షంమీద దూరం (మీటర్లలో) చూపబడింది. లంబాక్షంమీద వ్యక్తమైన పరిమాణాలు సెంటిమీటర్లలో చూపబడ్డాయి. అక్షిపటలంమీద పడే బింబంయొక్క పరిమాణాన్ని మెదడు ఎప్పటికప్పుడు దిద్దకుండా వున్నట్టయితే, మొదటి పళ్లెంయొక్క కోణీయ పరిమాణాలు స్థిరంగానే వుండిపోతూన్న హేతువును ప్రయోగవేద్యంగా వచ్చిన ఫలితాలు 39 వ పటంలో చుక్కల రేఖరూపంలో చూపబడినట్టు వుంటాయి అని మనం అనుకుంటాం. కాని వాస్తవంగా వచ్చిన ఫలితాలు మాత్రం మన ఊహకు పూర్తిగా విరుద్ధంగా వున్నాయి. ఒకసారి రెండు కళ్లతోనూ, మరొకసారి ఒక కంటితోనూ, మూడవసారి సన్నని గొట్టంలోనుండీ — ఇలాగు మూడు విధాలుగా వస్తువును ప్రయోగంలో అవేక్షించడం జరిగింది. ఈ మూడు విధాల అవేక్షణఫలితంగా వచ్చిన మూడు రేఖలూ, ఒక



38 వ పటం. క్షేత్రవిక్షేపన ప్రత్యక్ష జ్ఞానం. పటం పైభాగంలో చూపించిన పన్నెండు గీతలూ సమతలంలో వున్నట్టే మనకి కనబడుతున్నాయి. వాటిని ఒక దానితో ఒకటి సమాంతరంగా కదిపి కలిపినట్టయితే వచ్చిన ఘనచతురస్రం ఒక ప్రాదేశిక బింబం అని మనకి గోచరమవుతుంది.



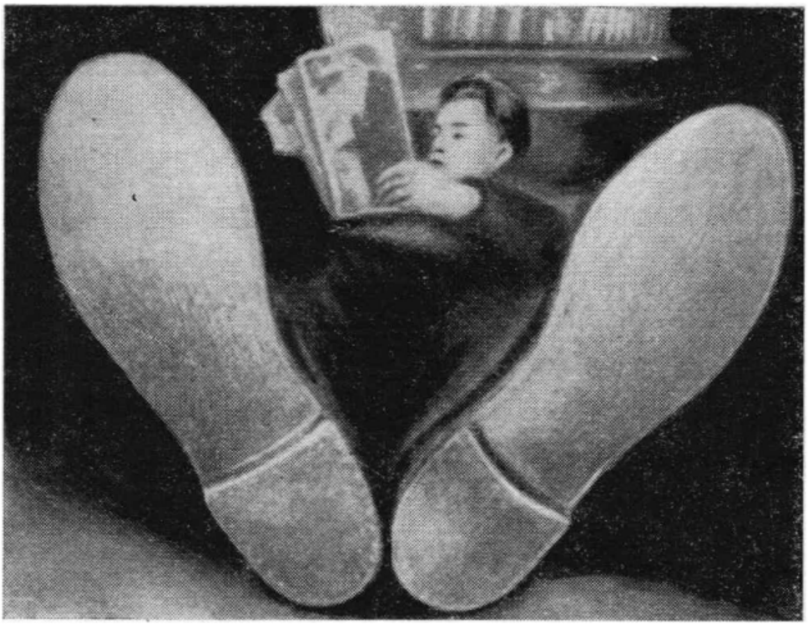
39 వ పటం. గల్వే, బోరింగ్ ప్రయోగం.

దానికొకటి వాలుగా వుంటూ, దృష్టిక్షేత్రంలోనుండి పరిసరాల్లో వున్న ఇతర వస్తువులను తీసేస్తున్నకొద్దీ ఈ రేఖలయొక్క వాలు అంతకంతకి తగ్గిపోతూంది.

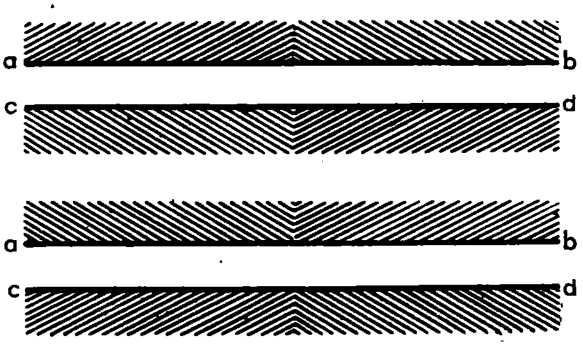
మామూలుగా మన దైనందిన జీవితంలో, మనకి కొద్ది దూరాన వుండే వస్తువు మనకి దూరంగా కదలిపోతూన్నప్పటికీ (అట్టే దూరంగా వెళ్లనంతవరకూ) ఆ వస్తువు పరిమాణం మార్పుచెందనట్టే మనకు కనబడుతూండడం మనకందరికీ తెలిసిన విషయమే. పైన వివరించిన ప్రయోగం కూడా పరిమాణాత్మకంగా ఇలాంటిదే. వస్తువులు చాలా దూరంగా కదలిపోతూన్నప్పుడే అవి చిన్నవైపోతూన్నట్టు మనకి కనబడుతుంది. ఎత్తుగా వున్న గోపురం మీదనుండి కిందకి చూచినప్పుడు ఈ విషయం మనకి ప్రత్యక్షంగా తెలుస్తుంది. అక్షిపటలం మీద ఏర్పడిన బింబాన్ని మెదడు దిద్దుబాటుచేసే కార్యంలో మెదడుకి సాయంచేయడంలో పరిసరాలు చాలా ప్రాముఖ్యతను వహిస్తాయి. పటంలో వున్నట్టు, పరిసరాలలో వున్న వస్తువులను తీసేస్తున్నకొద్దీ కేవలం భౌతికంగా ఏర్పడిన బింబాలతోనే మన భావనలు కూడా ఏకీభవిస్తాయి. మనస్సుద్వారా మనం గ్రహించే బింబం, యథాతథంగా అక్షిపటలంపైన ఏర్పడిన సరళమైన భౌతిక బింబం కానేకాదు. ఆ యథాతథ బింబాన్ని మనకి తెలియకుండానే మన మెదడు దిద్ది సరిచేయబడిన తరువాత మనం గ్రహించిన బింబం అన్నమాట. జీవశాస్త్ర దృష్ట్యా ఇది చాలా ముఖ్యమైన విషయమని మనకి సహజంగానే తట్టుతుంది. ఆర్గానిజములకు తమ పరిసరాలలో వుండే వస్తువులయొక్క బింబాలు, చాక్షుషశాస్త్రదృష్ట్యా వాస్తవములుగా వుండడంకంటె, ఆ వస్తువులుగురించి వాస్తవములైన భావాలు వాటికి కలగడమే వాటికి హెచ్చు అవసరం. 40 వ పటంలో కాళ్ళు చాపుకుని వెల్లకిలా సాగిలబడి వున్న ఒక కుర్రవాని

చిత్రం చూపబడింది. ఈ చిత్రం చాలా దగ్గరలో తీయబడింది. చాక్షుశాస్త్రదృష్ట్యా చిత్రంలో ఏ తప్పులూ లేకుండా సరిగానే వుంది. కాని ఈ క్షణచిత్రం మాత్రం, జోడుకి వున్న అడుగు అట్టలనీ, పెద్ద మేకులనీ ప్రధానంగా చూపించుతూ తీసిన వ్యంగ్యచిత్రంలాగు, అసందర్భంగా వుంది. క్షణచిత్రాన్ని తీసిన ఫోటోగ్రాఫరుయొక్క అనుభవలేమిని (నిజమైనదో లేక నటనో మనకి తెలియదనుకోండి) చిత్రం చక్కగా రుజువుచేస్తూంది. అది ఎలాగున్నా చిత్రం మాత్రం చాక్షుశాస్త్రదృష్ట్యా సరిగ్గానే వుంది. కన్ను చేసే క్రియాఫలితాన్ని మన మెదడు గనుక దిద్దకుండా వూరుకుంటే ఈ చిత్రంలో వున్నట్టి వ్యంగ్యచిత్రాలే పీడకలలాగు మనని ఎప్పుడూ వెన్నంటుతూ వుండేవి అన్నమాటే.

అయితే, మెదడు చేసే దిద్దుబాట్లవల్ల కొన్ని పొరపాట్లు, చాక్షుషమిథ్యలూ కలుగడానికి ఎంతేనా అవకాశం వుంది. ఈ గ్రంథరచయిత ఇలాంటి ప్రాదేశికమైన పొరపాట్లకి అనేకసార్లు గురి అయ్యాడు. ఒకసారి రోడ్డుమీదనుండే ట్రాం తీగలనుండి వేలాడుతూన్న చిన్న రహదారీ చిహ్నాన్ని చూసి, అదొక పెద్ద ఎర్రజెండా అని పొరపాటుపడడం జరిగింది. ఆ వీధి చివరనున్న పెద్ద భవనశిఖరాన్ని చూచి, ఆ శిఖరాన్ని ఈ రేకు చిహ్నంతో మనస్సులో ముడిపెట్టడం ఫలితంగా ఈ పొరపాటు జరిగింది. మరొకసారి, దూరాన వున్న కంచెమీదనుండి ఆవు అంతటి



40 వ పటం. కాళ్లుచాచి వెల్లకిల సాగిలపడివున్న కుర్రవాని చిత్రం. చాక్షుష బింబానికీ మానసికబింబానికి వున్న తేడాకు ఈ చిత్రం చక్కని దృష్టాంతం.



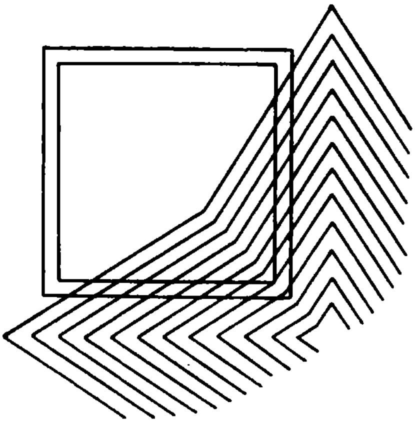
41 వ పటం. చాక్షుష భ్రాంతులు.

పరిమాణంలో వున్న పిల్లి ఒకటి పరుగెడుతూన్నట్టే క్షణమాత్రం కనబడింది. నిలబడి చూస్తూన్న కిటికీకి సమీపంలో వున్న ఇంటికప్పు అంచుమీదనుండి వెళ్లుతూంది యథార్థంగా ఆ పిల్లి. దూరాన్ని అంచనా చేయడంలో రమారమి ఇరవై ఇంతలు పొరపాటు జరిగిందన్నమాట.

సూర్యుడూ చంద్రుడూ క్షితిజంలో వున్నప్పుడు మనకెంతో పెద్ద గోళాలు లాగు కన బడుతాయి, శిరోబిందుస్థానంలో వున్నప్పుడు చిన్న గోళాలుగా కనబడుతాయి. ఇది కూడా దృష్టి పొరపాటు ఫలితం అనడంలో ఏమాత్రమూ సందేహం లేదు. కాని ఈ పొరపాటు మను ష్యులందరికీ సహజమే.* ఈ పొరపాటుకి కారణమేమిటో ఈ నాటికి కూడా స్పష్టంగా తెలియడం లేదు. ఇందుకు అనేక వివరణలు ఉండవచ్చు. వాటిలో ఈ క్రింద ఉదాహరించినది కూడా ఒక వివరణ కావచ్చు. ఆకాశంయొక్క ప్రకాశిత్వాన్ని అంచనా కట్టడంలో వాతావరణంయొక్క ఏ ఆఖరి భాగంనుండైతే విశ్లేషింపబడిన కిరణాలు కంటికి కనబడడానికి వీలుగా వున్నంత వరకు మన కంటిమీద పడతాయో, ఆ భాగాన్నే మనం సహజంగానూ అప్రయత్నంగానూ వాతా వరణంయొక్క ఆఖరి సరిహద్దు అని మనం భావించుకొని, ఆకాశంలో వున్న అన్ని వస్తువులనూ ఈ సరిహద్దుతో అన్వయిస్తూంటాం. సూర్యోదయమప్పుడూ సూర్యాస్తమయమప్పుడూ, వాతావరణపు తూర్పు పడమర అంచులు వాతావరణపు అన్నిభాగాలకంటే హెచ్చు ప్రకాశి తంగా వుంటాయి; ఏ వాతావరణ భాగంనుండి మనకి కాంతి వస్తూవుందో ఆ భాగంయొక్క సరిహద్దులు మరింత దూరంగా వెళిపోయి, ఆకాశం మరింత ఎత్తుగా వున్నట్టు కనబడు తుంది. వాతావరణంయొక్క ఈ దూరపు మండలంలోనే సూర్యతేజోబింబం ఉందను

---

* సూర్యుడినికాని చంద్రుడినికాని క్షితిజంలో వున్నప్పుడూ శిరోబిందుస్థానంలో వున్న ప్పుడూ ఫోటోగ్రాఫు తీసి చూచినట్టయితే, రెండు సమయాలలోనూ గోళాల పరిమాణమూ చిత్రాలలో సమంగానే వుంటుంది.



42 వ పటం. చాక్షుష భ్రాంతులు.

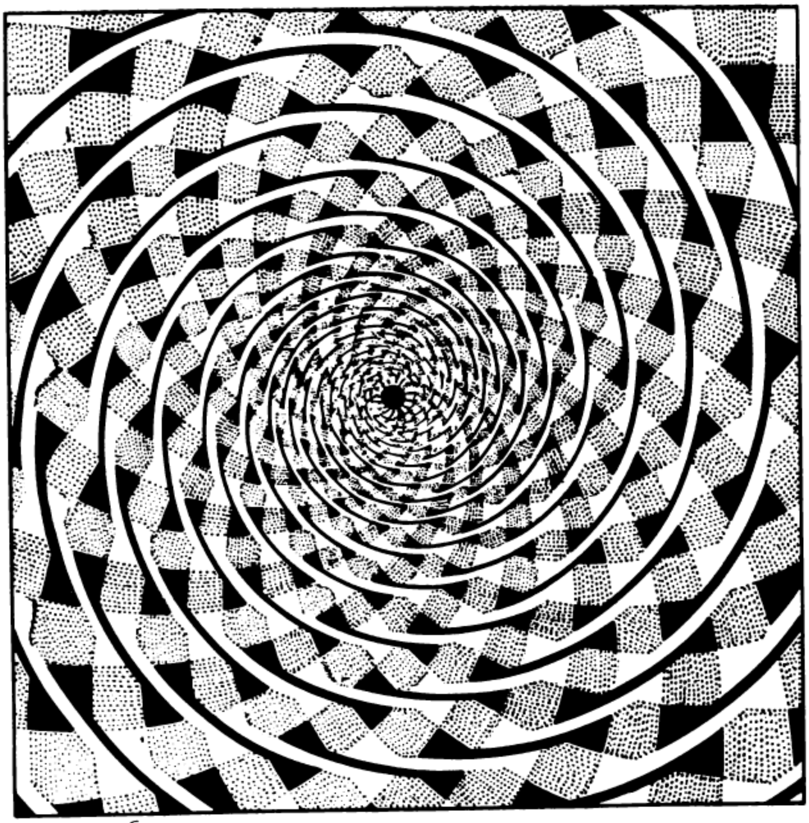
కుంటాం. ఈ విధంగా పైన చెప్పిన రహదారీ చిహ్నమూ, పిల్లి ఉదాహరణలో జరిగిన పొరపాటునే ఈ విషయంలో కూడా మనం చేస్తున్నామన్నమాట.

మానసిక కారణాలవల్ల ప్రాదేశిక బింబాలను చూచేటప్పుడే కాకుండా, సమతల ఆకారాలను చూచేటప్పుడు కూడా పొరపాట్లు చేయడం జరుగుతూంటుంది. 41 వ పటంలో చూపించిన సమాంతర రేఖల జంటలు, వాటి చుట్టూ ఛాయలను గీయడంవల్ల, మధ్యలో విరిగి వంగినట్టు మనకి కనబడుతున్నాయి. చిత్రాన్ని మనం నిదానంగానూ శ్రద్ధగానూ చూచినప్పటికీ కూడా ఈ భ్రాంతి తొలగిపోదు. మనం వాటిని కొలిచి చూచుకుంటేనే గాని అవి యథార్థంగా సమాంతరాలు కావు అనే భ్రాంతి తీరిపోదు.

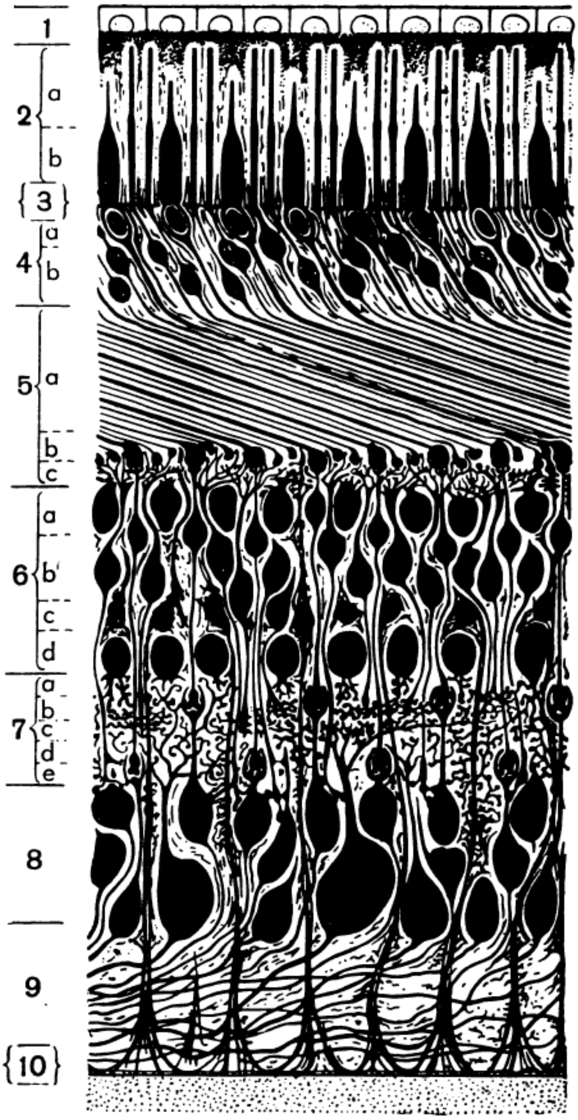
42 వ పటంలో చూపబడిన చిత్రం యథార్థమైన చతురస్రము. అయినప్పటికీ, ఒక కోణంమీద ఛాయను ఇచ్చేసరికి చతురస్రం ఒకపక్కకు లాగేసినట్లు వికృతంగా కనబడుతూంది. చుక్కచుక్కలుగా వున్న పూర్వరంగంమీద అసంపూర్ణములే అయినప్పటికీ, ఏక కేంద్రములైన వృత్తాలే 43 వ పటంలో చూపబడ్డాయి. చూడడానికి మాత్రం అవి అనివార్యంగా శంఖావర్తంగా వున్నట్టే కనబడుతుంది. కంపస్‌ను తెచ్చి సున్నలను చుట్టినమీదట గాని అది నిజంగా శంఖావర్తంకాదనే భ్రాంతి పోదు. ఈ చాక్షుష భ్రాంతులు కలగడానికి కారణాలున్నాయి. అందులో ఒక కారణం ఏమిటంటే, చుక్కచుక్కల ఛాయను ఇవ్వడంతో మన దృష్టి ఒక గీతనుండి ఒక గీతకు అప్రయత్నంగా పరుగెడుతుంది. ఈ చిత్రాలను ఒక ప్రకాశమానమైన దీపకాంతితో — మాటకి, విద్యుత్ స్ఫులింగ (ఎలెక్ట్రిక్ స్పార్కు) కాంతిలో చూచినట్టయితే — ఈ భ్రాంతులు తొలగిపోతాయి (అధమం చాలా సందర్భాల్లో); స్ఫులింగం మెరసిన క్షణకాలపు వ్యవధిలోనూ ఒక గీతపైనుండి మరొక గీతపైకి దృష్టిని సారించేందుకు కంటిని మెదిపే అవకాశం కంటికి దొరకదు.

ఈ ప్రాదేశిక సమస్యను కన్నూ మెదడూ ఇంకా బాగా తృప్తికరంగా పరిష్కరించ లేక పోతున్నాయని పై విషయాలవల్ల మనకిప్పుడు తెలుస్తుంది.

కాంతియొక్క శక్తినీ వర్ణమాలా సంఘట్టననీ కన్ను ఏ విధంగా అంచనా వేస్తుందో ఆ విషయాన్ని గురించి ఇక ప్రస్తావించుదాం. ఇది తెలుసుకోవడానికి ముందు, ఈ కార్యాలను నిర్వహించే అక్షిపటలంయొక్క నిర్మాణాన్ని మనం తెలుసుకోవాలి. 44 వ పటంలో అక్షిపటలంయొక్క ఛేదం పథకచ్ఛేదరూపంలో చూపబడింది. రక్తనాళవ్యాపితమైన పార తరువాత ఈ పారకు అంటివున్న పైపారలో *(1)* నల్లని వర్ణకణములుంటాయి. చాక్షుషగ్రహణానికి ప్రధాన సాధనాలలైనటువంటి శంకులూ కడ్డీలూ *(2* వ పార) — వాటి ఆకారం వలన వీటికీ పేరు వచ్చింది — వుంటాయి. *3, 4, 5* పారలలో శంకులకూ కడ్డీలకూ ప్రసరించే నాడీ తంతులుంటాయి. ఈ పారల కింద అణు పారలు అని పేరుతో వ్యవహరింపబడే పారలున్నాయి. ఈ పారలు ఒకదానితో ఒకటి నాడీ తంతులచే కలుపబడుతున్నాయి. *8* వ



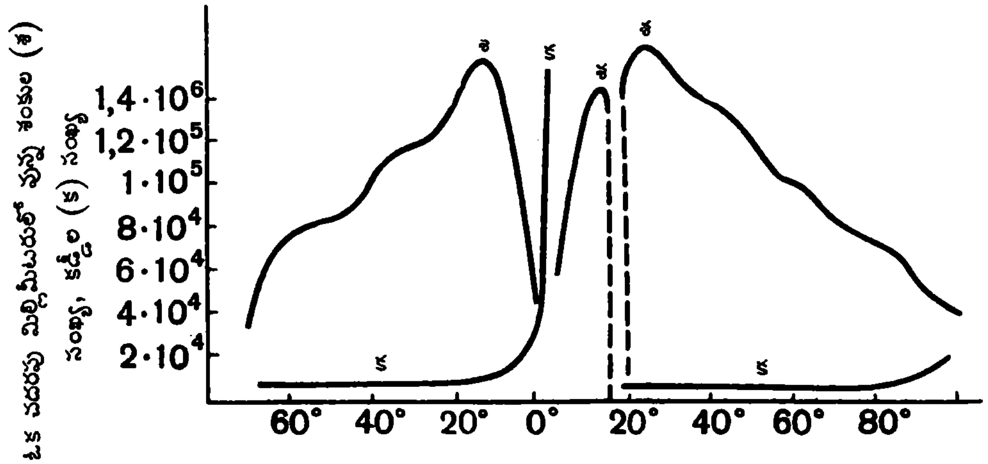
43 వ పటం. చాక్షుష భ్రాంతులు.



44 వ పటం. మనిషి కంటి లోని అక్షిపటలంయొక్క ఛేదం, రేఖాచిత్రం).

పొరను ''నాడీ గ్రంధుల పొర'' అంటారు. *9* వ పొరలో నాడీ పోగులున్నాయి. *8* వ పొరలో వున్న నాడీగ్రంధుల ఒక్కొక్క కణమూ *9* వ పొరలో వున్న ఒక్కొక్క నాడీ తంతువుతో కలుపబడి వుంటుంది. *10* వ పొర లోపలి సరిహద్దు పొర. ప్రతీ నాడీ తంతువు చివరా ఒక శంకో, లేక ఒక కడ్డీలగుంపో వుంటుంది. ఈ శంకులూ కడ్డీలూ కలిసి ఏర్పడిన చిత్రమైన అల్లిక అక్షిపటలంమీద ఒకే మాదిరిగా విస్తరించి వుండడం లేదు. మొత్తంమీద అక్షిపటలం మీద వున్న శంకులు కడ్డీలు చాలా హెచ్చు సంఖ్యలోనే (శంకుల సంఖ్య సుమారు 70 లక్ష లకు పైగానూ, కడ్డీల సంఖ్య పది కోట్లకు పైగానూ) ఉంటున్నాయి. కంటి అడుగు భాగం

మీద శంకులూ కడ్డీల పంపకం ఏ విధంగా వుందో 45 వ పటంలో చూపబడింది. ''కేంద్ర నిమ్నం'' *(Fovea centralis)* నుండి కొలిచిన కోణీయ దూరాలు భుజాక్షం మీదనూ, ఒక చదరపు మిల్లీమీటరులో వున్న శంకుల సంఖ్యలు (శ), కడ్డీల సంఖ్యలు (క), లంబాక్షంమీదనూ లెక్కించబడ్డాయి. రేఖలు ''గుడ్డి చుక్క'' (దీనిని గురించి తరువాత ప్రస్తావిస్తాం) దగ్గర తెగిపోవడం మనకి చిత్రంలో కనబడుతుంది. అక్షిపటలం మధ్యప్రాంతంలో శంకులు హెచ్చుగా వుండడమూ, అంచుప్రదేశాలలో కడ్డీలు హెచ్చుగా వుండడమూ పటంవల్ల మనకి తెలుస్తోంది. కడ్డీలలో రంగు పదార్థం ఒకటి వుంటుంది. దీనిని ''చాక్షుష ధూమ్రం'' అంటారు. దీనిమీద కాంతి పడగానే ఇది శీఘ్రంగా వెలిసిపోతుంది. పొడవులో కడ్డీలు సుమారు 0.06 మిల్లీమీటర్లు, శంకులు సుమారు 0.035 మిల్లీమీటర్లూ వుంటాయి; వ్యాసంలో కడ్డీలు సుమారు 2 μ, శంకులు సుమారు 6 μ వుంటాయి. అక్షిపటలానికి మధ్యను ''పసుపు చుక్క'' అనే ఒక స్థలం వుంటుంది. ఈ చుక్క కోడిగుడ్డులా వుండి, 2 మిల్లీమీటర్లు గరిష్ఠ పొడవు, 0.8 మిల్లీమీటర్లు కనిష్ఠ పొడవు కలిగివుంటుంది. చుక్క మధ్యలో శంకులసంఖ్య విస్తారంగా వుంటుంది; ''కేంద్ర నిమ్నం''లో కడ్డీలు అసలు వుండనే వుండవు. దృష్టికి స్పష్టమైనట్టీ నిశితమైనట్టీ కేంద్రం ఇదే. అక్షిపటలంయొక్క కొన్ని భాగాలలో శంకులూ వుండవు, కడ్డీలూ వుండవు. 46 వ పటంలో ఒక ''ప్లస్'' గీత, ఒక నల్ల చుక్క వున్నాయి. ఈ పటాన్ని కంటి ఎదురుగా పెట్టుకొని, ఎడమ కంటిని మూసి



45 వ పటం. అక్షిపటలంపైన శంకులూ కడ్డీలూ పంపకం (ఓస్టర్‌బర్గ్‌ను అనుసరించి).

కుడి కంటిని "ప్లస్" గీతమీదనే కేంద్రీకరించి, పటాన్ని క్రమేణా దూరంగా తీసుకొని వెళ్ళి నట్టయితే, సుమారు 20 సెంటిమీటర్ల దూరంలో, కుడివైపున్న నల్ల చుక్క మరి కనపడ కుండా పోతుంది. అక్షిపటలంలోకి నేత్ర నాడి ఏ స్థలంలోనైతే ప్రవేశిస్తుందో సరిగ్గా ఆ స్థలంలో అక్షిపటలానికి కాంతిని గ్రహించగలిగే శంకులుగాని కడ్డీలుగాని లేకపోవడం హేతు వునూ, ఈ నల్ల చుక్కయొక్క బింబం సరిగ్గా ఈ స్థలం (గుడి చుక్క) మీదనే పడడం చేతనూ, నల్లచుక్క మన దృష్టికి అదృశ్యమైపోతూంది.

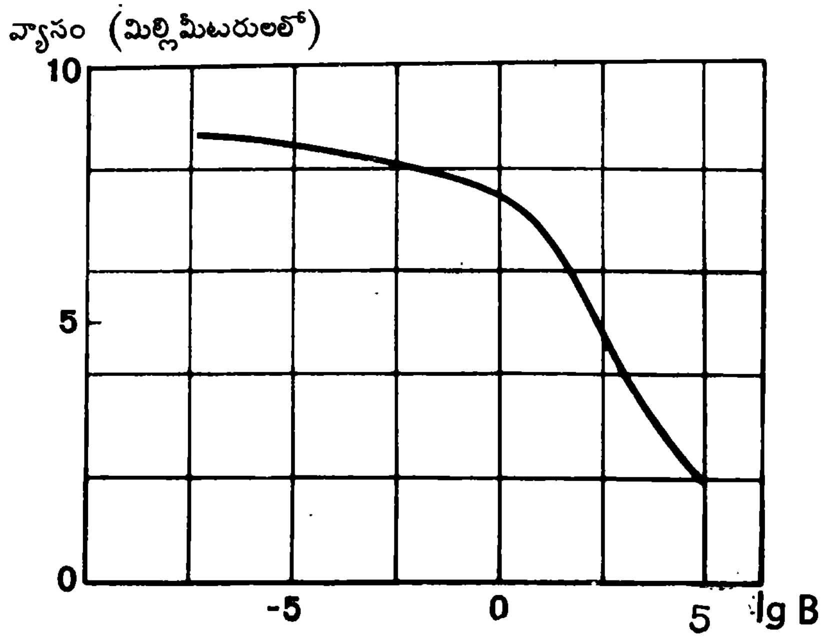
కంటియొక్క చాక్షుష నిర్మాణం ఎంత సరళంగా వుందో దానియొక్క గోచరజ్ఞాన యాంత్రిక నిర్మాణం అంత క్లిష్టంగానూ వుంది. శరీరశాస్త్రదృష్ట్యా అక్షిపటలానికి వున్న వివిధ పొరలలో ఒక్కొక్కపొర యే యే వ్యాపారాలను నిర్వహిస్తుందో ఆ విషయం గురించి మనకి ఏమాత్రమూ తెలియకపోవడమే కాకుండా, కాంతిని సూక్ష్మంగా గ్రహించగలిగే కణాల యొక్క ప్రాదేశిక పంపకం అక్షిపటలంలో వివిధ రీతులలో వుండానికి హేతువులేమిటో ఆ విష యం గురించిగాని, గుడ్డిచుక్క ఎందుకుందో ఆ కారణంగాని, మనకేమీ తెలియడం లేదు. కన్ను కృత్రిమంగా తయారు చేసిన భౌతిక ఉపకరణం కాదు. లోపాలూ సుగుణాలూ ఒక దానితో ఒకటి పెనవేసుకొని అన్నీ కలిసిపోయి ఏర్పడిన అవిభాజ్యమైనట్టి సజీవ సంపూర్ణ నిర్మాణం.

46 వ పటం. గుడ్డిచుక్కని పోల్చుకోవడానికి మారియొట్టే గీసిన చిత్రం.

కంటిమీద పడే కాంతియొక్క శక్తి ఎంత వుంటుందో దానిని అంచనా వేయడం గురించి ఇక ఆలోచించుదాం. ఈ విషయాన్ని, కాంతియొక్క వర్ణస్థైర్యమునుండి వేరు పరచి ప్రత్యేకంగా పరిశీలించడానికి వీలుపడదు; 400 నుండి 750 mμ వరకు నిడివిగల కాంతి తరంగాలనుండి మాత్రమే కన్ను చాక్షుషానుభూతులను పొందగలుగుతుంది, 400 మొదలు 300 mμ వరకూ వుంటూన్న అతినీలలోహిత కిరణాలనీ, 750 నుండి 950 mμ పొడవును కలిగిన పరశ్శోణ కిరణాలనూ, సాపేక్షంగా అధికశక్తిగల వికిరణాలలోనే కన్ను గ్రహించగలుగు తుంది, ఈ కిరణాలను గ్రహించే శక్తి అవేక్షకుని వయస్సుమీద ఆధారపడివుంటుంది. దానిలో కూడా మనిషికీ మనిషికీ బోలెడు తేడా వుంటూంటుంది. అందుచేత 400, 750 mμ పరి

ధులలో వుండే కిరణాల గురించే మనం ఆలోచించవలసి వుంటుంది. భూమి వాతావరణపు ప్రతీ చదరపు సెంటిమీటరుమీదనూ పడే సూర్యకిరణాల శక్తి సెకనుకు 0.033 చిన్న కేలరీ వుంటుందని వెనుకటి ప్రకరణంలో మనం తెలుసుకున్నాం. ఈ శక్తిలో 40 శాతం దృశ్య కిరణాలవల్ల కలుగుతూంది. కనీనికాకాటలంలోని రంధ్రం ఎంత బాగా వికసించినప్పటికీ, దానియొక్క వైశాల్యం 0.7 చదరపు సెంటిమీటరుకు మించదు. కంటిలోకి ప్రవేశించగలిగే దృశ్యమాన సౌరకిరణాలయొక్క గరిష్ఠశక్తి సెకనుకు 0.01 చిన్న కేలరీకు మించదని ఈ అంకెలనుబట్టి మనం సులభంగా లెక్కకట్టి తెలుసుకోగలం. సూర్యకిరణాలనుగాని, విద్యుచ్ఛాపదీపంయొక్క కిరణాలనుగాని దర్పణంవల్లనో లేక కటకంవల్లనో కేంద్రీకరించుతే, వేలరెట్లలో ఈ పరిమితికి మించిన కిరణాలు కంటిలోకి ప్రవేశిస్తాయి. కాని ఇలాంటి దర్పణాలు గానీ కటకాలుగానీ ప్రకృతిలో సంభవించడం లేదు. అందుచేత కంటియొక్క పరిణామంమీద ఈ విధమైన అంశాలకు ఎట్టి ప్రభావమూ ఉండివుండదు. తత్కారణంగా ఈ విషయాన్ని గురించి ఇకమనం ఆలోచించనవసరం లేదు. సెకనుకి 0.01 చిన్న కేలరీగల శక్తి యావత్తూ కూడా వర్ణమాలలోని 556 mμ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని (ఇదే కంటియొక్క కాంతి గ్రహణశక్తికుండే గరిష్ఠవిలువ) గలిగిన ఆకుపచ్చ కిరణాల ప్రాంతంలో కేంద్రీకృతం అయివున్నయెడల, ఒక మీటరు దూరంలో 200,000 కేండిల్ సామర్థ్యంగలిగిన దీపం ఎట్టి చాక్షుష భావనాశక్తిని కలిగివుంటుందో, ఈ కాంతియొక్క శక్తి కూడా ఇంతటి చాక్షుష భావనాశక్తినీ కలిగేవుంటుంది. కంటిలోకి ప్రవేశించుతూన్న శక్తియొక్క గరిష్ఠ పరిమితి ఇంతటి పరిమాణంలో వుంటుంది. ఇక, రాత్రిపూట అతిలీలగా వున్న వెలుతురును కూడా — అనగా ఈ వెలుతురుయొక్క తీక్ష్ణత ఒక కొవ్వొత్తి సామర్థ్యంలో మిలియను వంతుకంటే ఇంకా తక్కువగానే వుంటూన్నప్పుడు కూడా — గ్రహించగలిగేశక్తి వుండాలి కంటికి. భూమిమీద జీవించే ప్రాణికి కంటివల్ల ఉపయోగం వుండాలీ అంటే, ఇంతటి విపరీత పరిధులలో వుంటూన్న ఏ కాంతి తీక్ష్ణతనైనా సరే గ్రహించగలిగే సామర్థ్యాన్నీ కలిగి వుండాలి కన్ను.

కాంతి దీప్తికి కలిగే మార్పులకు అనుగుణ్యంగా ఫోటోగ్రాఫు కెమేరాచేత పనిచేయించడానికి మూడు విధానాలను మనం అవలంబించవచ్చును. ఒకటి: ప్లేటును కాంతికి ఎదురుపెట్టే ('ఎక్స్పోజర్') కాలవ్యవధిని సెకనులో కొన్ని వేలవంతునుండి గంటలూ రోజులతరబడి వరకూ విశాలపరిధులలో మార్పుచేయవచ్చు. రెండవది: వితానాన్ని మూయడం, తెరవడం ద్వారా కటకం ముందుండే రంధ్రద్వారంయొక్క వైశాల్యాన్ని మార్చవచ్చు. మూడవది: కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యంలో అనేక వైవిధ్యాలను గలిగిన ప్లేట్లరకాలు వుండడంచేత, వివిధ కాంతి తీక్ష్ణతలకు సరిపోయేటట్టుగా వివిధములైన ప్లేట్లను మనం ఎంచుకొని వాడుకచేసుకోవచ్చును.



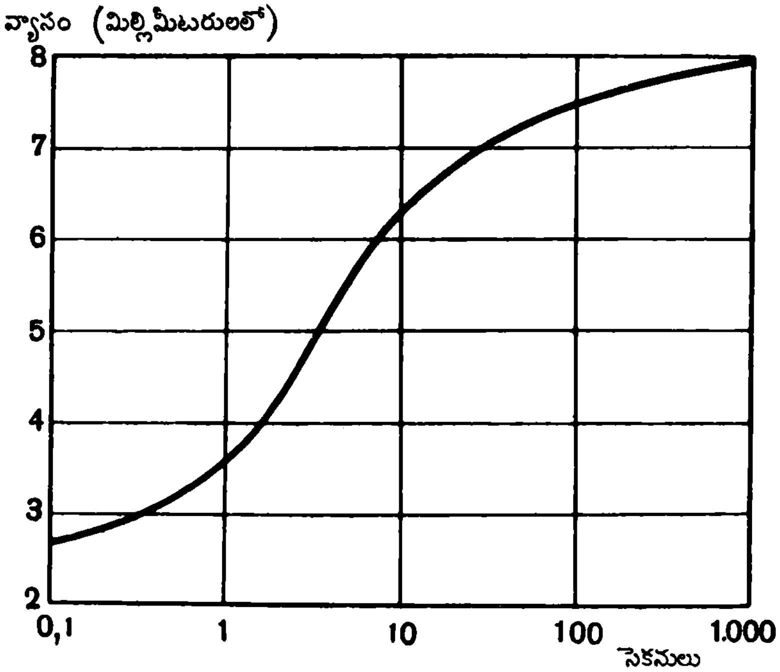
47 వ పటం. దీప్తి హెచ్చు అవుతూన్న కొద్దీ కంటిపాపయొక్క వ్యాసంలో కలిగే మార్పు.

కన్ను ఎప్పుడూ కూడా క్షణచిత్రాలనే గ్రహించవలసి వుంటుంది. తత్కారణంగా కంటి సందర్భంలో మొదటి విధానం సరిపడదు. రెండవ విధానాన్ని కన్ను అవలంబించుతూంది. కాంతియొక్క తీక్ష్ణతనుబట్టి కనీనికాపటల రంధ్రం ఎప్పటికప్పుడు స్వయంచలితంగా వికసించవచ్చును, లేదా ముకుళించకోవచ్చు. సగటున కనీనికాపటల రంధ్రంయొక్క గరిష్ఠ వ్యాసం 8 మిల్లీమీటర్లు, కనిష్ఠవ్యాసం 2 మిల్లీమీటర్లు వుంటుంది. అనగా, రంధ్రం యొక్క వైశాల్యం 16 రెట్లవరకూ మార్పుచెందవచ్చునన్నమాట. వెలుతురుయొక్క దీప్తి హెచ్చవుతూన్నకొద్దీ కంటి పాపయొక్క వ్యాసం ఎలా మారుతుందో 47 వ పటంలో చూపబడింది. భుజాక్షంమీద దీప్తియొక్క సంవర్గమానాలూ, లంబాక్షంమీద కంటి పాపయొక్క వ్యాసాలూ లెక్కించబడ్డాయి. ప్రకాశమానమైన దీపం వెలుగుతూన్న గదిలోనుండి బయటికి చీకటిలోకి రాగానే కంటిపాప వ్యాసం ఏ విధంగా మారుతుందో 48 వ పటంలో చూపబడింది. కన్ను ఎదుర్కొనవలసిన దీప్తి మార్పులన్నిటితోనూ అనుగుణ్యంగా కంటిపాపయొక్క వైశాల్యంలోని మార్పు ఏమాత్రమూ సరిపోవడం లేదనే విషయం ఈ పటాలలో చిత్రించబడిన రేఖలవల్ల ప్రస్ఫుటంగా తెలుస్తూంది. ఇందుచేత మనం పైనపేర్కొన్న మూడవ

విధానాన్ని ప్రకృతి అవలంబిస్తోంది. ఈ విధానం చాలా గణనీయమైనది. ఎందుచేతనంటే ఈ విధానాన్ని అనుసరించి అక్షిపటలంయొక్క కాంతిని గ్రహించగలిగే సామర్థ్యం కూడా మారుతూ వుంటుంది. చీకటి పరిస్థితులకు కళ్లు అలవాటుపడుతున్నకొద్దీ, అక్షిపటలం యొక్క కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యం కూడా హెచ్చు అవుతూవుంటుంది. ఈ విధానంలో శంకుల యొక్క ప్రవర్తనకీ కడ్డీలయొక్క ప్రవర్తనకీ చాలా తేడా వుంది. పగటిపూట శంకులకున్న కాంతి గ్రహణ సామర్థ్యంకంటె చీకటిలో వాటి సామర్థ్యం కొన్ని పదులరెట్లు మాత్రమే హెచ్చు అవుతూండగా, కడ్డీలయొక్క సామర్థ్యం తాపీగా హెచ్చు అవుతూ గంటపైచిలుకు కాలంలో కొన్ని లక్షలరెట్లు అధికమై ఒక నిర్దిష్టపరిమితిని అందుకొంటుంది. ఇది ఎంత వరకూ వుంటుందంటే, 500 mμ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గల కాంతి సెకనుకు చదరపు సెంటి మీటరు ఒక్కంటికి 5×10^{-18} చిన్న కేలరీల చొప్పున ఒక సెకనువ్యవధిలో కలుగజేసే చాక్షుష ఉత్తేజానికి సహితం ప్రతిక్రియనీయగలిగే సామర్థ్యం కంటికి కలుగుతుంది. ఈ సామర్థ్యం యొక్క మూల్యము మనిషికీ మనిషికీ ఒక్కొక్క విధంగా మారుతూ, ప్రయోగ పరిస్థితులను బట్టీ (కాంతి ఉత్పత్తిస్థానం పెద్దదా చిన్నదా అన్న విషయాన్నిబట్టీ, వెల్తురు అంతరితంగా వుందా లేక స్థిరంగా వుందా అన్నవిషయాన్నిబట్టీ) కూడా మారుతూ వుంటుంది. ఇంతేకాకుండా, కంటికి యింత సామర్థ్యం కలగాలంటే, కాంతి ఉత్పత్తి స్థానంయొక్క బింబం అక్షిపటలం యొక్క కేంద్రస్థానంమీద ఏర్పడకుండా, అక్షిపటలంయొక్క కైవారానికే హెచ్చు సామర్థ్యం వుంటుంది కాబట్టి, కైవారంపైనే ఏర్పడాలి. కాంతి ఉత్పత్తిస్థానంవైపు వాలు కన్నుతో — అనగా క్రేగంటితో వక్కగా చూస్తే — బింబం ఈ విధంగా ఏర్పడుతుంది.

స్టియరైన్ కొవ్వుతో చేయబడిన కొవ్వొత్తిని కంటికి ఒక మీటరు దూరములో వుంచిన యెడల, చదరపు సెంటిమీటరకు ఒక సెకనులో సుమారు ఒక చిన్న కేలరీలోని పది మిలియన్ల వంతులలో రెండు వంతులచొప్పున (2×10^{-7}) దృశ్యకిరణాలను కంటిమీద పడేటట్టు కిరణాలను ప్రసారంచేస్తుంది. ఈ కాంతి రాశిని 5×10^{-18} చిన్న కేలరీ వరకూ తగ్గించాలంటే, కొవ్వొత్తిని 200 కిలోమీటర్ల దూరానికి తీసుకు వెళ్లాలన్నమాట. ఇదే మరోమాటలో చెప్పాలంటే, కంటినుండి 200 కిలోమీటర్ల దూరంలో వున్నట్టే, పరిశుద్ధమైన కొవ్వుతో చేయబడినట్టి ఒక కొవ్వొత్తి దీపంనుండి కంటియొక్క అక్షిపటలంయొక్క వైశాల్యం అంతటమీదనూ సెకనుకు ఒక చదరపు సెంటిమీటరుపైన పడే దృశ్యకిరణాల శక్తితో చాక్షుష క్షోభద్వారానికి సమానం అవుతుంది. కొవ్వొత్తికీ కంటికీ నడుమనున్న వాతావరణం కాంతికిరణాలను విచూషించడం లేదని మనం ఈ సందర్భంలో ఒక ప్రమేయాన్ని తీసుకున్నాం; కాని వాస్తవానికి ఈ ప్రమేయం సరైనది కాదని మనం జ్ఞాపకం వుంచుకోవాలి.

కాంతితీక్ష్ణతలో జరిగేమార్పులకి అనుగుణ్యంగా కన్ను ఎంత అద్భుతంగా సరిపెట్టుకో



48 వ పటం. బాగా వెలుగ్గా వున్న గదిలోనుండి చీకటిలోకి వెళ్లినప్పుడు నిర్ణీతకాలంలో కంటిపాప వ్యాసంపొందే మార్పు.

గలుగుతూన్నదీ ఇటీవలి సంవత్సరాలలో గావింపబడిన ప్రయోగాలవల్ల మరింత స్పష్టంగా తెలుస్తూంది. అక్షిపటలంయొక్క పథకచ్ఛేదచిత్రాన్ని (44 వ పటం) చూచినట్టయితే, నల్లని స్ఫటిక వర్ణకణాలు పైపొరలో వున్నట్టు తెలుస్తూంది. కంటిలోనుండి లోపలికి ప్రవేశించి శంకులమీదనూ కడ్డీలమీదనూపడే కాంతిని కొంతవరకూ బలహీనపరచి, తత్ఫలితంగా వాటి మీద విస్తారమైన కాంతి పడకుండా వాటిని కాపాడడమే ఈ నలుపురంగుయొక్క కర్తవ్యం. కాని రాత్రిపూట అసలు వెలుతురే తక్కువగా వున్న పరిస్థితుల్లో, ఈ రక్షణ అనవసరమే కాకుండా, ఆటంకంగా కూడా ఏర్పడుతుంది. కొన్ని తెగల జంతువులను (చేపలు, ఉభయ చరములు) అధ్యయనం చేయడం ఫలితంగా, అతి బలహీనంగా వున్న వెలుగులో, అక్షిపటలం పైపొరలో వుండే ఈ నలుపురంగు పైపొరనుండి కింది పొరలోకి దిగిపోతుందని తెలుస్తూంది. ఈ విధంగా అడుగుపొరలోకి దిగిపోవడంవల్ల వెలుతురు ప్రవేశానికి ఏ విధమైన ఆటంకమూ కలుగదు. అక్షిపటలం అడుగుభాగంలోకి ఈ విధంగా నలుపురంగు దిగిపోవడంలోనే చీకటిపరిస్థితులకి కన్ను అలవాటుపడే విధానం జరుగుతూందని మనం భావించుకోవడానికి అవకాశం వున్నప్పటికీ, మరికొన్ని జంతువులలో (ఉదాహరణకు: కోతులలో) నలుపురంగుకి బహుశా ఇట్టి

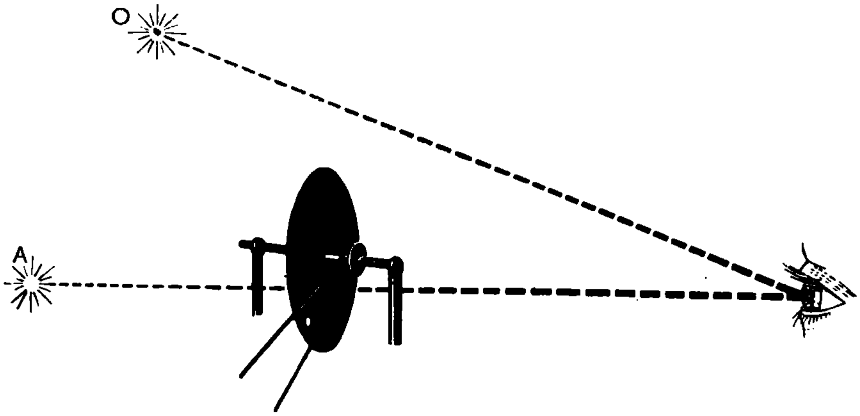
స్థానచలనం లేదనే సూచనలే కనబడుతున్నాయి. ఈ సమస్య ఇదమిద్ధమని పరిష్కారంకావడానికి ఇంకా కొంతకాలం పడుతుందనే చెప్పాలి.

వెలుతురు తీక్ష్ణత హెచ్చుకాగానే కంటిపాప ముకుళించుకుంటుందని పైన చెప్పాం. కాని కొన్ని వ్యాధులలోనూ, లేదా ఆర్గానిజంలోకి కొన్ని పదార్థాలు ఇంజక్షను చేసినప్పుడూ, కంటిపాప ముకుళించుకోకుండా, వెలుతురు తీక్ష్ణత హెచ్చినా తగ్గినా, బాగా తెరచుకొనే వుండిపోతుంది. కాని ఈవిధంగా అధికతీక్ష్ణతవల్ల కన్ను గుడ్డి అయిపోయే ప్రమాదం సంభవించకుండా వుండడానికి ఇతర రక్షణలున్నాయి. తీక్ష్ణత హెచ్చుగా వున్నప్పుడు, బాగా తెరచుకొని వున్న కంటిపాపయొక్క అంచుమీదపడే కాంతికిరణాలు అక్షిపటలానికి కలుగజేసే క్షోభ కంటిపాప కేంద్రంనుండి కంటిలోపలికి ప్రవేశించే కిరణం కలుగజేసే క్షోభకి ఐదురెట్లు తక్కువగా వుంటుంది. ఇది ఏ విధంగా సాధ్యపడుతూందో మాత్రం మనకింకా స్పష్టంగా తెలియడం లేదు. కాని ఏది ఏమైనప్పటికీ, తీక్ష్ణమైన వెల్తురులో కంటిపాప బాగా తెరచుకొని ఉన్నప్పటికీ, కంటిపాపమధ్యలోనుండి కంటిలోపలికి ప్రవేశించే కిరణాలే హెచ్చు చురుకుగా పనిచేస్తాయి; కంటిపాపయొక్క కైవార ప్రదేశాలనుండి లోపలికి ప్రవేశించే కిరణాలు అక్షిపటలం మీద చాలా బలహీనంగా మాత్రమే పనిచేస్తాయి; కాని తీక్ష్ణత మరీ తక్కువగా వున్నప్పుడు కంటిపాపయొక్క భాగాలన్నీ కూడా చురుకుగానే పనిచేస్తాయి; కనుక చీకటిగావున్నప్పుడు కంటిపాప బాగా తెరచుకొని వున్న కారణంగా, వెలుతురువల్ల కలిగే క్షోభ మరింత అధికమవుతుంది.

కాంతితీక్ష్ణత బలహీనంగా వున్నప్పుడు, సూటి కిరణాలనుండి అక్షిపటలాన్ని కాపాడే కార్యాన్ని విరమించడంలో, నలుపురంగు ముఖ్యమైన పాత్రను ధరిస్తూందని మనం అనుకోవడం సహజమే. అయినప్పటికీ, నల్లరంగుపదార్థం మనిషికంటిలో స్థలాంతర చలనాన్ని పొందుతూన్నదన్న విషయం మాత్రం ఇంకా నిర్ధారణ కాలేదు.

కాంతి విచూషణగానీ కాంతి క్రియగానీ పూర్తిక్వాంటాల రాశిలోనే జరుగుతుందనే కాంతిక్రియా సాధారణ నియమాన్ని కాంతిప్రకరణంలో పేర్కొన్నాం. దీనినే: కాంతిని దాని క్రియవల్లనే పోల్చుకోగలమనే సరళ హేతువు కారణంగా, ఒక క్వాంటంరాశికంటెనూ తక్కువ శక్తియెడల ప్రక్రియను చూపగలిగే ఉపకరణాన్ని దేనినీ తయారుచేయడానికి మనకు సాధ్యం కాదు, అని మరోమాటల్లో చెప్పవచ్చును. సెకనుకు 5×10^{-18} కేలరీ శక్తి (500 mμ తరంగదైర్ఘ్యంగల కాంతి), 52 క్వాంటంలకు అనుగుణ్యంగా వుంటుంది. ఈ 52 క్వాంటములు ఒక సెకనుకాలాన్ని "భర్తీ చేస్తున్నా" యన్నమాట. దీనినిబట్టి, ఒక ఏకైకక్షణంలో అనేక క్వాంటములను మన కన్ను గ్రహించగలుగుతూందని, అనగా కంటికి వున్న లక్షణాలను బట్టి చూస్తే, కాంతి గ్రహణసామర్థ్యం దృష్ట్యా, కంటిని ఆదర్శవంతమైన ఉపకరణంతో ఇంచుమించు సమానమైన దానినిగా మనం భావించవచ్చునని స్పష్టమవుతూంది.

ఈ వాస్తవవిషయాన్ని ఆధారంగా చేసుకొని, నగ్నమైన కంటితోనే కాంతియొక్క అంత రిత క్వాంటంరచనను మనం అవేక్షించగలుగుతాం. మసక మసకగా వెలుగుతూన్న ఒక చిన్న జ్యోతిర్బిందువును A మనం వీక్షిస్తున్నామనుకొందాం (49 వ పటం). దీని దీప్తిని మనకిష్టం వచ్చినట్టు తగ్గించగలమని కూడా అనుకుందాం. ఈ బిందువునుండి సెకనుకి ఏ కొద్ది క్వాంటముల కాంతో ప్రసారితమయేటంత బలహీనంగా దాని దీప్తిని తగ్గించేశామనే



49 వ పటం. కాంతి క్వాంటముల చాంచల్యములను అవేక్షించే ఉపకరణంయొక్క రేఖాచిత్రం.

అనుకొందాం. సమాన కాలవ్యవధిలో సమాన సంఖ్యగల క్వాంటంలు ఒకదానివెంట ఒకటి ఒక క్రమ రీతిలో ప్రయాణం చేయలేక, చిందరవందరగా ఒకసారి హెచ్చుసంఖ్యలోనూ మరొక సారి కొద్దిపాటి సంఖ్యలోనూ అవి పయనించుతాయి. గాఢమైన దీప్తిని కలిగిన కాంతి ఉత్పత్తి స్థానంనుండి కూడా క్వాంటములు వరుసక్రమాన్ని తప్పిన ప్రవాహంలోనే వెలువడుతాయి; అయినా దీప్తి హెచ్చుగా వుండడంచేత, క్వాంటములు విస్తృతసంఖ్యలోనే వెలువడుతూంటాయి కాబట్టి, వాటి సంఖ్య సగటుసంఖ్యనుండి విస్తారం భేదించే సంభావ్యత బహుస్వల్పంగానే వుంటుంది. ఈ విషయాన్నే ఒక దృష్టాంత రూపంలో చెప్పవచ్చును. ఒక పెద్దపట్నంలో జనాభా చాలా హెచ్చుగా వుంటుంది కాబట్టి, నూతన శిశుజననముల సగటుసంఖ్యయొక్క చాంచల్యశాతం చాలా తక్కువగా వుంటుంది. ఈ కారణాన్నిబట్టి ఈ సంఖ్యను గణాంక శాస్త్రజ్ఞుడు నిష్కర్షగానే సూచించగలడు; కాని ఆ పట్నంలోనే వున్న ఒక చిన్న ఇంట్లో ఒక్కొక్క సంవత్సరంలోనూ నూతన శిశుజననముల సంఖ్యలో ఎంతో చాంచల్యం వుంటుంది కాబట్టి, ఈ ఇంటిలోని నూతన జననముల సంఖ్యను గురించి అతని జోస్యం మాత్రం తప్పగానే వుండి తీరుతుంది.

ఈ విధంగా గణాంకశాస్త్రనియమాలననుసరించి (క్వాంటం సిద్ధాంతం నిజమే అయిన యెడల), సెకనుకి అత్యల్ప సంఖ్యలో వున్న క్వాంటములే కంటిమీద పడేటట్టుగా కాంతి ఉత్పత్తిస్థానంయొక్క దీప్తిని తగ్గించినయెడల, ఆ స్థానపు దీప్తి అతి హెచ్చు పరిధులలో చలించుతూంటుందని మనం అనుకోవచ్చు. కంటిమీద పడే క్వాంటముల సంఖ్య, చాక్షుష శ్రోభద్వారానికి అనుగుణ్యంగా వున్న సంఖ్యకంటే తక్కువగానే వున్నయెడల, కన్ను కాంతిని గ్రహించలేదు; ఆలాగు కాకుండా ద్వారమూల్యానికంటే మించినయెడల, వెలుతురిని కన్ను గ్రహించగలుగుతుంది. అందుచేత, కాంతి ఉత్పత్తిస్థానంయొక్క దీప్తిని క్రమేణా తగ్గించినయెడల, ఒక నియమిత సమయం తరువాత, ఇక కాంతిస్థానం మినుకుమినుకుమని ఆరంభించడం మనకి గోచరమవుతుంది.

అయితే ఈ ప్రయోగాన్ని ఇంత సుళువుగా చేయడం సాధ్యం కాదు. ఇందుకు రెండు కారణాలున్నాయి. మొదటిది: కంటిగుడ్డు స్థిరంగా వుండకుండా నిరంతరమూ కదలుతూనే వుంటుంది. ఇలాగు కదలడం ఫలితంగా, హెచ్చు తీక్ష్ణతలోనూ తక్కువ తీక్ష్ణతలో కూడానూ సంభవించే దీప్తి చాంచల్యాన్ని కన్ను గ్రహించగలుగుతుంది. ఇందువల్ల కంటిని నిశ్చలంగా వుంచేందుకని (49 వ పటం) కాంతి ఉత్పత్తిస్థానం A కి పక్కగా, అంతకంటే హెచ్చు దీప్తిని కలిగిన మరో కాంతిస్థానం O ని (ఇది సామాన్యంగా ఎరుపురంగును కలిగివుంటుంది) వుంచుతారు. ఈ విధంగా దృష్టి O స్థానంమీద కేంద్రీకృతమై వుంటుంది. ఈ స్థానం యొక్క బింబం అక్షిపటలకేంద్రమందు ఏర్పడుతుంది. ఉత్పత్తిస్థానం A యొక్క బింబం అక్షిపటలంమీద ఒక పక్కగా, అక్షిపటల కేంద్రానికి ఎల్లప్పుడూ ఒక స్థిరమైన దూరంలో ఏర్పడుతూ వుంటుంది.

రెండవకారణం: ఒకసారి ఏర్పడిన చాక్షుషముద్రలను జ్ఞాపకం వుంచుకొనే లక్షణం వుంది కంటికి: ఈ లక్షణాన్ని ఆధారంగా చేసుకొనడంవల్లనే సినీమాను తయారుచేయడానికి వీలు కలిగింది. కాని, కాంతి ఉత్పత్తిస్థానంయొక్క త్వరితగతిని సంభవించే ప్రకాశిత చాంచల్యాన్ని జ్ఞాపకం పెట్టుకోవడానికి ఈ లక్షణం సహజంగానే ఒక ప్రతిబంధకంగా ఏర్పడుతుంది; ఎందుచేతనంటే చంచలములన్నీ కలిసి మిళితం అయిపోవడంవల్ల ప్రతి చంచలముయొక్క ప్రకాశిత్వాన్నీ స్పష్టంగా కన్ను జ్ఞాపకం పెట్టుకోలేకపోతుంది.

ఈ చిక్కును ఈ కింది విధంగా ఎదుర్కోవచ్చు. కంటికీ కాంతి ఉత్పత్తిస్థానానికీ నడుమ (49 వ పటం) ఒక పళ్లేన్ని ఉంచాలి. ఈ పళ్లేనికి ఒక చిన్న రంధ్రం వుంటుంది. ఈ పళ్లెం సెకనుకి ఒక పరిభ్రమణం చేస్తుంది. ఇలాగు పరిభ్రమణం చేసినప్పుడు, రంధ్రం కంటిముందునుండి పయనించడానికి ఎంతకాలమైతే పట్టుతుందో (సాధారణంగా సెకనులో పదోవంతు కాలం) అంతకాలంవరకే కంటికి కాంతిస్థానం కనబడుతుంది. ఈ సాధనంవల్ల

సెకనుకి ఒకసారి కాంతిస్థానం మెరుపులాగు కంటికి కనబడుతుంది. ప్రతి క్షణకాలంలోనూ క్వాంటముల సంఖ్య సమానమే అయినప్పుడు, ఈ సంఖ్య ద్వారమూల్యంకంటే హెచ్చే అయినప్పుడూ, ప్రతిసారి కంటిముందు రంధ్రం పయనం చేసేటప్పుడూ ఒక మెరుపు కని పిస్తూంటుంది. కాని, కంటిముందునుండి రంధ్రం పయనించే కాలవ్యవధిలో ఉద్గమించే క్వాంటముల సంఖ్య, గణాంకశాస్త్ర దృష్ట్యా తటాలున చలించుతూంటే మాత్రం, కంటి ముందుగా రంధ్రం పయనించే ప్రతీసారీ మెరుపు కనబడదు.

ఈ హేతువాదం సరైనదే అని ప్రయోగంవల్ల దృఢపడుతూంది. వాస్తవానికి, తీక్ష్ణత హెచ్చుగా వున్న సందర్భాల్లో, కంటిముందుగా రంధ్రం పయనించిన ప్రతిసారీ ఒక్కొక్క మెరుపు కనబడుతూంటుంది. దీప్తిని క్రమేణా తగ్గించుతూ పోతూంటే మాత్రం, దీప్తి తగ్గుతూన్నకొద్దీ దానితోపాటు మెరుపుల అదృశ్యం కూడా హెచ్చు అవుతూనే వుంటుంది.

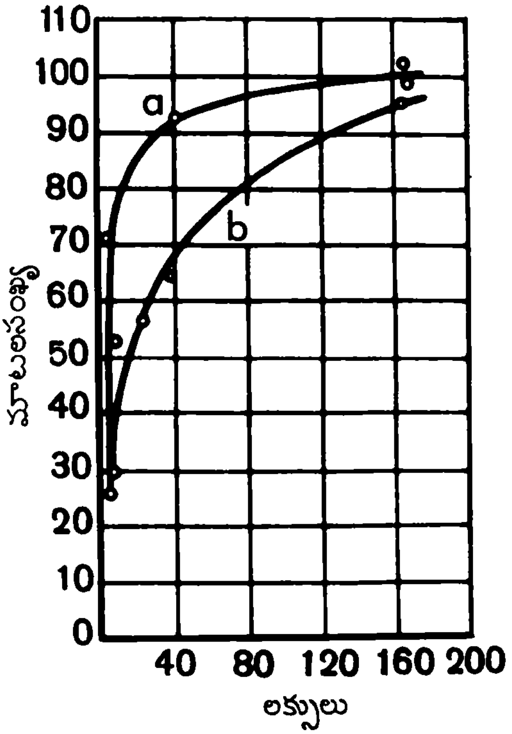
మెరుపులు అగుపడిన సంఖ్యలనూ, తప్పిన సంఖ్యలనూ వేరువేరుగా లెక్కపెట్టి, గణాంకశాస్త్ర సూత్రాలను అన్వయంచేస్తే, ప్రయోగపరిస్థితులలో ఒక మెరుపు వ్యవధి కాలంలో ఎన్ని క్వాంటములు ఉద్గారితమయినాయో తెలుసుకోవచ్చును. ఈ విధంగా కాంతి యొక్క అంతరిత క్వాంటం స్వభావాన్ని "మన కళ్లతో మనం ప్రత్యక్షంగా చూచే" రుజువుపరచుకోవచ్చును.

ఇక్కడ ఒక విషయాన్ని మనం గుర్తుంచుకోవాలి. ఈ విధానంవల్ల కంటి అంతటి యొక్క కాంతి గ్రహణ సామర్థ్యాన్నీ మనం కొలవడం లేదు. చాక్షుష క్షోభ కలిగించడానికి మూలకారణాలైన కణాల (కడ్డీల) యొక్క కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యాన్ని మాత్రమే మనం కొలుస్తున్నాం. ఇప్పటివరకూ ఒక్కొక్క అవేక్షకుడు కనిపెట్టిన కాంతిగ్రహణ సామర్థ్య పరిమితులలోనూ చాలా తేడాలు కనబడుతున్నాయి, కొందరు అనేక డజనుల ఫోటాన్ క్వాంటములను చూడగలిగితే, కొందరు రెండు ఫోటాన్ క్వాంటములను సహితం చూడగలిగారు. ఏమైతేనేమి, విడివిడిగా ప్రత్యేక క్వాంటములు అక్షరాలా కనబడడం మాత్రం జరిగినదనడంలో ఎట్టి సందేహమూ లేదు.

కాంతిశాస్త్రంయొక్క, కంటియొక్క సిద్ధాంతాల అధ్యయనదృష్ట్యా, పైన వివరించిన ప్రయోగాల ప్రాముఖ్యంతోపాటు, శస్త్రప్రక్రియ జరపకుండానే, కంటిని మామూలు స్థితిలో వున్నప్పుడే, ఆరోగ్యస్థితిలోనూ అనారోగ్యస్థితిలోనూ వున్న కళ్లలోని అక్షిపటలాన్ని అధ్యయనంచేసే అవకాశం కూడా శాస్త్రజ్ఞులకి ఈ విధానంవల్ల చేకూరుతుంది.

భూప్రపంచపరిస్థితుల్లో కన్ను ఎదుర్కొనవలసిన శక్తిపరిమితివిలువలను గురించి ఇంత వరకూ మనం చర్చించాము. కాని సరాసరి సూర్యకిరణాలను మాత్రం కన్ను భరించలేదు; చాక్షుష క్షోభద్వారానికి సమీపంలో వున్న దీప్తులను అతిప్రయాసంతోనే చూడగలుగుతుంది.

సూర్యునివైపు బహుకొద్దిసేపే చూచినప్పటికీ, అక్షిపటలంమీద పడిన ఆ బింబంయొక్క ముద్ర మన కంటిముందరే అలాగు అగుపడుతూ మనని చాలా సేపటివరకూ వెంటాడుతూనే వుంటుంది; తెల్లని గోడవైపు మనం తదేకదృష్టితో చూచినట్టయితే, కాస్సేపటికల్లా ఆ గోడమీద నల్లగా రంగుతో వున్న పెద్ద మచ్చ ఒకటి మనకి కనబడుతుంది — మనకంటి అక్షిపటలంలో కొన్ని భాగాలు అలసిపోవడంవల్లనే ఈ మచ్చ ఏర్పడుతూంది. మామూలు దీపాలే హెచ్చు తీక్ష్ణంగా వెలుగుతూన్న పక్షంలో కూడా మనకి అలసట కలుగుతూంటుంది. దీపానికి గొడుగులేకుండా నగ్నంగా వున్న విద్యుచ్ఛాపపు వెలుతురులో చాలాసేపు పనిచేసినట్టయితే, ఒక్కొక్కప్పుడు ఇలాగే అలసట కలిగి, ఈ అలసటే ఎంతో కాలంవరకూ అలాగే వుండిపోతుంది. ఈ అలసట ఒక్కొక్కప్పుడు అంధత్వాన్ని కూడా కలుగజేయవచ్చును. సూర్యునివైపుగానీ, తీక్ష్ణమైన దీపంవైపుగానీ మనం చాలాసేపు చూచినట్టయితే, కన్ను మూసుకొన్న చాలాసేపటి వరకూ కూడా ఆ దీప్తివస్తువు మన కళ్లముందు కనబడుతూనే వుంటుంది; దాని వర్ణం క్రమేణా మారి, దాని తీక్ష్ణత కూడా రానురాను తగ్గిపోతుంది. వీటిని "క్రమానుగత బింబాలు" అంటారు. క్రమానుగత బింబాలు (ధన, ఋణ బింబాలు) అగుపడ్డాయంటే, దీపంయొక్క దీప్తి నియమితంగా వుండవలసి దానికంటె అధికంగా వుందని నిశ్చయంగా



50 వ పటం. త్వరగా పఠించడం ప్రకాశిత్వంమీద ఆధారపడి వుంటుంది.

చెప్పవచ్చు. అత్యధిక దీప్తిగల దీపంవల్ల కలుగుజేయబడిన బింబంయొక్క ముద్ర ఒక్కొక్క ప్పుడు రాత్రింపగళ్లు కూడా అక్షిపటలంమీద అలాగు స్థిరంగా వుండిపోవచ్చు. రాత్రిపూట కానీ తెల్లవారునగానీ కన్ను మూసుకొన్నప్పుడు ఈ బింబం స్పష్టంగా కనబడుతుంది. ఈ దృష్టాంతంలో, మన కన్ను ఫోటోగ్రాఫిక్ప్లేటు మాదిరిగా పనిచేస్తుంది. అక్షిపటలంలో జరిగిన యే యే మార్పుల ఫలితంగా ఈ సంఘటన సంభవిస్తూందో మనకింతవరకూ స్పష్టంగా తెలియడం లేదు. కంటికి ఎట్టి ప్రయాసమూ కలుగకుండా వుండేటట్టిన్నీ, కంటికి హాయిని కలుగజేసేటట్టిన్నీ, నిర్దిష్టమైన దీప్తి ఒకటి వుందని మాత్రం మనం చెప్పగలం.

ఈ కింద వివరించబోయే ప్రయోగాల ఫలితాలు 50 వ పటంలో గ్రాఫు రూపంలో చూపబడ్డాయి. ఒక ప్రయోగాత్మకవ్యక్తిముందు 25 సెంటిమీటర్ల దూరంలో పుస్తకాన్ని తెరచివుంచి దానిని చదవమన్నారు. ఒక్కొక్కసారి కాంతియొక్క ప్రకాశిత్వాన్ని మార్చుతూ, ఒక్కొక్క ప్రకాశిత్వంలోనూ నిమిషానికి ఎన్ని మాటలను ఆ వ్యక్తి చదువగలుగుతాడో లెక్కవేశారు. భుజాక్షంమీద ప్రకాశిత్వం లెక్కించబడింది. భుజాక్షంమీద 40 అంకెవుంటే, 40 కేండిల్ సామర్థ్యంగల దీపాన్ని పుస్తకానికి ఒక మీటరు దూరంలో వుంచినట్లు అర్థం. నిమిషానికి చదివిన మాటలసంఖ్య లంబాక్షంమీద లెక్కించబడింది. పటంలోని పై రేఖ *a*, ఆరోగ్యంగా వున్న కంటికి అన్వయిస్తుంది. అడుగు రేఖ *b* — కృత్రిమదీపం పెట్టుకొని చాలా కాలంగా పనిచేయడంవల్ల దెబ్బతిన్న కంటికి అన్వయిస్తుంది. ప్రకాశిత్వం హెచ్చు అవుతూన్నకొద్దీ పఠనసామర్థ్యం కూడా త్వరితగతిని హెచ్చు అవుతూందనీ, 100 లక్సుల* తరువాత మాత్రం, పఠనసామర్థ్యంయొక్క అభివృద్ధి అంతటితో ఆగిపోతుందనీ, పటంవల్ల తెలుస్తూంది. ఇది గమనార్హమయిన విషయం. పనిచేసే చోట్లల్లోనూ గదులలోనూ దీపాలను ఏర్పాటు చేసేటప్పుడు ఈ విషయాన్ని బాగా గుర్తుంచుకోవాలి.

దీపశాస్త్ర ఇంజినీర్లూ వైద్యశాస్త్రజ్ఞులూ గతశతాబ్దిలో గావించిన ప్రయోగాలవల్ల, ప్రకాశిత్వాన్ని 300 లక్సులవరకూ, అంతకుమించి 500 లక్సులవరకూ కూడా, హెచ్చించుతే తత్ఫలితంగా కంటికి ఏమంత ప్రయాసం కలుగకుండానే కార్యదక్షత కూడా హెచ్చు అవుతుందనీ కనిపెట్టారు. కాంతి ఇంజినీర్లు కూడా ఈ పరిమితుల సాధనను లక్ష్యంగా పెట్టుకోవడం ఎంతేనా అవసరం. అనేక సందర్భాలలో ఈ లక్ష్యానికి మనం ఇంకా ఎంతో వెనకబడే వున్నాం. కృత్రిమదీపశాస్త్రం తగినంత ప్రాముఖ్యతను ఇంకా ఆకర్షించలేకుండా వుంది.

ప్రకృతి పరిసరాలయొక్క ప్రకాశిత్వమూ, కంటి అక్షిపటలంపై పడే దీప్తీ, ఈ రెండూ రుతువుమీదనూ కాలమానంమీదనూ ఆకాశంలో మేఘాలు వుండడమూ లేకపోవడమూ

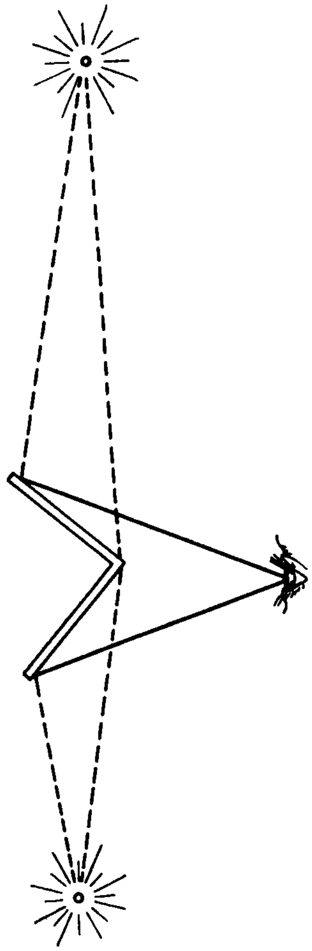
---

* ఒక మీటరు దూరాన వున్నట్టి కొవ్వొత్తికి వున్న ప్రకాశిత్వానికి ఒక ''లక్స్'' అంటారు.

మీదమూ చుట్టూ చెట్టుచేమలూ మంచూ వుండడమూ లేకపోవడమూ మీదనూ ఆధారపడి, అవి కూడా రకరకాలుగా మారుతూ వుంటాయి. భూమిమీద జీవించే ప్రాణులన్నింటికీ కలిపి సాధారణమైన ఒక సగటు ఉత్తమ ప్రకాశిత్వాన్ని నిర్ణయించడానికి మనకెంత మాత్రమూ వీలుపడదు. అన్నిటికీ వర్తించే ఒకేఒక ఉత్తమప్రకాశిత్వం అంటూ లేనేలేదు. గుడ్లగూబలూ, గబ్బిలాలూ మొదలైన రాత్రిసంచరాలలోకంటే దినసంచార జంతువులలోనే ఒక ప్రాణికీ మరొక ప్రాణికీ ఈ ఉత్తమప్రకాశిత్వంలో ఎంతో వ్యత్యాసం వుంది. మనం ఉపయోగించే కొవ్వొత్తివెలుతురు, అతి బలహీనమైనదీ పాలవెల్తురు సహితం ఈ రాత్రిసంచార జంతువులు భరించలేవు. జీవశాస్త్రదృష్ట్యా సౌరకిరణాలవల్ల భూమిమీద కలుగుతూన్న సగటుప్రకాశిత్వానికి కన్ను అలవాటు పడేందుకు జరిగిన పరిణామ ఫలితంగానే ఈ "ఉత్తమ ప్రకాశిత్వం" ఏర్పడి వుండాలి. సౌరశక్తికి అలవాటుపడడానికి కాకుండా, పరిసరాలలో వున్న వస్తువులవల్ల వికిరణం చేయబడిన సూర్యకాంతిశక్తికి అలవాటుపడేటట్టుగానే కంటి నిర్మాణం జరిగింది. కంటిపాపయొక్క వితానం మార్పును పొందగలగడమూ, అక్షిపటలం యొక్క కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యంలోని విభేదాలూ, వీటితో కూడా ఉత్తమ దీప్తి అంటూ ఒకటి ఉండడమూ — దీనిని రుజువుచేస్తున్నాయి.

కంటిలోకి ప్రవేశించే మొత్తంశక్తివల్ల అక్షిపటలానికి అలసట కలగడంకంటె, అక్షిపటలంమీద ఏర్పడడానికి బింబంయొక్క ప్రతీ ఏకాంకవైశాల్యంమీదనూ పడే శక్తివల్లనే ప్రధానంగా కంటికి అలసట కలుగుతుంది అనే విషయాన్ని మనం గుర్తుంచుకోవాలి. కంటికి దీపం దూరం అవుతూన్నకొద్దీ కంటిలో ఏర్పడే బింబం కూడా చిన్నదవుతూంటుంది; కాని, "విశిష్ట దీప్తి," అనగా బింబంయొక్క ప్రతీ ఏకాంకవైశాల్యపు దీప్తి మాత్రం చాలా దూరాలవరకూ స్థిరంగానే వుంటుంది. రోడ్డుమీద దూరాన వెలుగుతూన్న దీపాల వరుసను చూచినట్టయితే, ఆఖరి దీపం ఎంత దూరంగా వున్నప్పటికీ, దీపాలన్నీ కూడా ఒక్కవిధంగానే దీప్తిగా వున్నట్టు మనకి కనబడతాయి (గాలిలో వున్న ధూళి కొంత వెల్తురుని విచూషించడం కారణంగా ఆ దూరపు దీపాలు కొద్దిగా తక్కువ దీప్తితో వున్నట్టు మాత్రం కనబడతాయి). అయితే — మొదటి దీపమూ, రెండవ దీపమూ, మూడవ దీపమూ, ఈ విధంగా దీపాలన్నింటి వెలుతురునీ ఒక ఉపరితలం మీద పడనిచ్చినట్టయితే, ఇప్పుడు మాత్రం దీపాల దూరం హెచ్చు అయినకొద్దీ ఉపరితలంయొక్క వెలుగు తగ్గిపోతూంటుంది. మసకగా వున్న దీపంవైపు మనం తేరి చూచామంటే మన కన్ను త్వరగా అలసిపోతుంది. ఆ దీపంలో వున్న ఫిలమెంటుయొక్క బింబం అక్షిపటలంపై పడినప్పుడు, ఆ బింబంయొక్క "విశిష్ట దీప్తి" చాలా హెచ్చుగా వుంటుంది. దీపంవేపు చూచినప్పుడు ఇలాగు కన్ను అలసిపోకుండా ఉండడానికిగాను, దీపాలకు కాంతి వికిరణపు గంతలనూ గొడుగులనూ సాధరణంగా తగిలించుతారు. ఇవి తగిలించడం మరచి

పోవడం కారణంగానే సన్నని గొట్టాల [ట్యూబ్‌లైట్స్] రూపంలో ఇప్పుడు ఆధునికంగా తయారవుతూన్న ప్రజ్వలిత (ల్యూమినిసెంట్) దీపాలు "కళ్లపోటు" కలిగిస్తాయని కొందరు ఫిర్యాదుచేస్తూంటారు. కాంతిని వికిరణపరచే తుషార (ఫ్రాస్టెడ్) గాజు పట్టీలతోగాని ముత్యపు చిప్ప (పెరల్) గాజు పట్టీలతోగాని అమర్చిన బద్దీలను ఈ దీపాలకి తగిలించుతే ఈ ఇబ్బంది కలగకుండా వుంటుంది. ఇలాగు ఏర్పాటు చేసినా సరే, లేదా కాంతి ఒక్కటే బయటకు వచ్చి, దీపాలు మాత్రం కంటికి కనబడకుండా వుండేలాగున దీపాలను మరుగుపరచేటట్టు ఏర్పాటుచేసినా చేయవచ్చు. దీపంయొక్క కాంతి యే వస్తువుమీదనైతే పడుతూందో ఆ వస్తువువేపే చూస్తూ దీపాన్ని చూడకుండా జాగ్రత్తపడడమే అన్నిటికంటే సులభమైన మార్గం.



51 వ పటం. కాంతిమాపకం యొక్క రేఖాచిత్రం.

ప్రకాశతశక్తిని కన్ను ఏ విధంగా "పరమ అంచనా" కట్టగలుగుతూందో ఇంతవరకూ చెప్పాం. ఇది పూర్తిగా గుణాత్మకమైన అంచనాయే: హెచ్చు దీప్తులు కంటికి "హాని" చేస్తాయి, మరీ తక్కువ దీప్తులు కంటికి "ప్రయాసం" కలుగజేస్తాయి; కాగా "సౌఖ్యాన్నీ హాయినీ" కలుగజేసే దీప్తులు కొన్ని వున్నాయి. కాని కంటిపాప పరిమాణంలోని మార్పులు గానీ అక్షిపటలంయొక్క కాంతి గ్రహణ సామర్థ్యంలోని మార్పులుగానీ మనకి తెలియకుండానే జరిగిపోతున్నాయి. ఈ విధానాలను మనం చైతన్యవంతంగా తెలిసికోగలిగినప్పుడే దీప్తిని మనం యథార్థతతో అంచనా కట్టగలుగుతాం. కనిష్ఠకాంతి పరిమాణాన్ని (చాక్షుష క్షోభ ద్వారాన్ని) మాత్రమే మనం స్పష్టంగా తెలుసుకోగలుగుతున్నాం. ఎందుచేతంటే, ఇంత తక్కువ పరిమాణానికి కాంతి తగ్గిపోయేసరికి ఇదివరకున్న చాక్షుషజ్ఞానం పూర్తిగా తుడుచుకొనిపోతూన్న కారణంచేతనే ఈ కనిష్ఠపరిమాణాన్ని మనం తెలుసుకొనగలుగుతున్నాం. ఈ హేతువును చాక్షుష క్షోభద్వారం వుండడంవల్లనే కాంతిశక్తిని పరమ మాపకములలో కొలిచే ఉపకరణంకింద అప్పుడప్పుడు కంటిని వినియోగించడానికి వీలు కలుగుతూంది.

అయితే, దీప్తుల తారతమ్యాన్ని తెలుసుకోవడానికీ, వెలుగుగా ఉన్న ఉపరితలాలనూ మసకగా ఉన్న ఉపరితలాలనూ ఒక దానినినుండి ఒకటి పోల్చుకోవడానికీ కూడా, కంటికి సామ

ర్థ్యం వుంది. ఈ విధంగా తారతమ్యాలను తెలుసుకోవడం అంటే గుణాత్మకంగా దీప్తి మూల్యాన్ని నిర్ధారణ చేయడమన్నమాటే. అయినా తారతమ్యాలను పరిమాణాత్మకములైన కొల తలను తీసుకోవడానికి కూడా వినియోగించవచ్చు. తెల్లగా వున్న రెండు ఉపరితలాలు ఒక దాని ప్రక్కనే ఒకటి ఉన్నాయనీ, ఒక్కొక్క దానిమీద ఒక్కొక్క దీపంయొక్క కాంతి పడు తున్నదనీ అనుకుందాం (51 వ పటం). ఒక ఉపరితలం బాగా దీప్తిగానూ రెండవది తక్కువ దీప్తిగానూ వున్నట్లు కనబడుతుంది. ఏదైనా ఒక దీపంయొక్క తీక్ష్ణతను కొన్ని నిర్దిష్టమైన రెట్లకు తగ్గించాలంటే అందుకు అనేక విధానాలున్నాయి (దీపాన్ని దూరంగా తీసుకొని వెళ్లడమే అన్నిటికంటే సులభమైన మార్గం). రెండు ఉపరితలాలు సమానదీప్తిని కలిగివుండడానికిగాను, ఒక దీపాన్ని దానికి అనుగుణ్యంగా వున్న ఉపరితలం దగ్గరనుండి దూరంగా తీసుకొని వెళ్లుదాం. ఈ ప్రకారంగా చేసిన తరువాత, ఒక దీపంయొక్క తీక్ష్ణతను తగ్గించేయడంవల్ల రెండింటినీ సమానం చేసేశాం కాబట్టి ఈ తగ్గించివేసిన దీపం రెండవదానికంటె ఇన్ని రెట్లు హెచ్చు తీక్ష్ణంగా వుందని మనం చెప్పడానికి వీలుం టుంది. ఉదాహరణకు, కుడిచేతివైపు ఒక కొవ్వొత్తి దీపాన్నీ, ఎడమచేతి వైపు 16 కేండిల్ సామర్థ్యంగల దీపాన్నీ వుంచామనుకొందాం. ఇప్పుడు, రెండవ దీపాన్ని పదహారింతలు తగ్గించేస్తేనేగాని రెండు ఉపరితలాల ప్రకాశిత్వాలూ సమానంగా ఉండవు (ఇందుకు ఆ దీపానికీ ఆ ఉపరితలానికీ ఉన్న దూరాన్ని నాలుగురెట్లు హెచ్చుచేస్తే అప్పుడు రెండు తీక్ష్ణతలూ సరిసమానం అవుతాయి). దీనిని కాంతిమాపన విధానమనీ, ఈ కొలతలను కొలిచే ఉపకరణాలను కాంతిమాపకములు అనీ అంటారు.

కాంతియొక్క ఛాయాగ్రహణ, తేజోరసాయనిక, తేజోవిద్యుత్ ప్రక్రియలను ఆధారంగా చేసుకొని రకరకాలైన కాంతిమాపకాలు ప్రస్తుతం ఉపయోగంలో ఉన్నాయి. ఒక్క దృశ్య కాంతినే కాకుండా పరశ్శోణ, అతినీలకాంతిని కొలవడానికి కూడా వీటిని ఉపయోగించవచ్చు; కాగా ఇవి చాలా సునిశితములైన ఉపకరణాలు. మనిషికంటికున్న కొన్ని ముఖ్యలక్షణాలను తెలుసుకోవడానికి ఈ ఉపకరణం వినియోగపడుతుంది. కాబట్టి ఈ సందర్భంలో మనం దానిని గురించి కొంచెం తెలుసుకోవలసి వుంది.

రెండు ఉపరితలాల ప్రకాశిత్వాలను సరిపోల్చిచూచినప్పుడు కంటియొక్క యథార్థత ఎంతవరకూ ఉంటుంది? ఈ తేడాలను ఏపాటి పరిమితులలో పోల్చుకొనగలుగుతుంది? ఉదా హరణకు: రెండు ఉపరితలాలున్నాయి. రెండూ ఒక్కొక్క మీటరు దూరంలో వున్న వెయ్యి కేండిల్ సామర్థ్యపు దీపాలు రెండింటివల్ల సమానంగా దీపింపబడుతున్నాయనుకుందాం. ఒకవైపు దీపందగ్గర అదనంగా మరొక కొవ్వొత్తిని వెలిగించి పెట్టాం అనుకొందాం. ఇలాంటి పరిస్థితుల్లో ఈ తేడాను మనం పోల్చుకోగలుగుతామా? ఒక కొవ్వొత్తి తేడాను పోల్చుకోలేక

పోవడమే కాకుండా అధమం ఇరవై కొవ్వొత్తుల భేదమైనా వుంటేనేకాని రెండింటికీ వుండే తేడాను మనం పోల్చుకోలేమని ప్రయోగాలవల్ల తెలుస్తోంది. దీన్నిబట్టి, కనిష్ఠ గ్రాహ్య ప్రకాశిత అనులోమమూ ప్రాథమిక ప్రకాశిత్వమూ 20:1000 నిష్పత్తిలో వుంటాయిని తెలుస్తోంది; అనగా 2 శాతం అన్నమాట. 605 mμ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గలిగిన పసుపువర్ణపు దీపం యొక్క (కేండిల్ సామర్థ్యంలో లెక్కించిన) వివిధ తీక్ష్ణతలకు అన్వయించిన అనులోమ శాతములు 2 వ పట్టికలో ఉదాహరించబడ్డాయి.

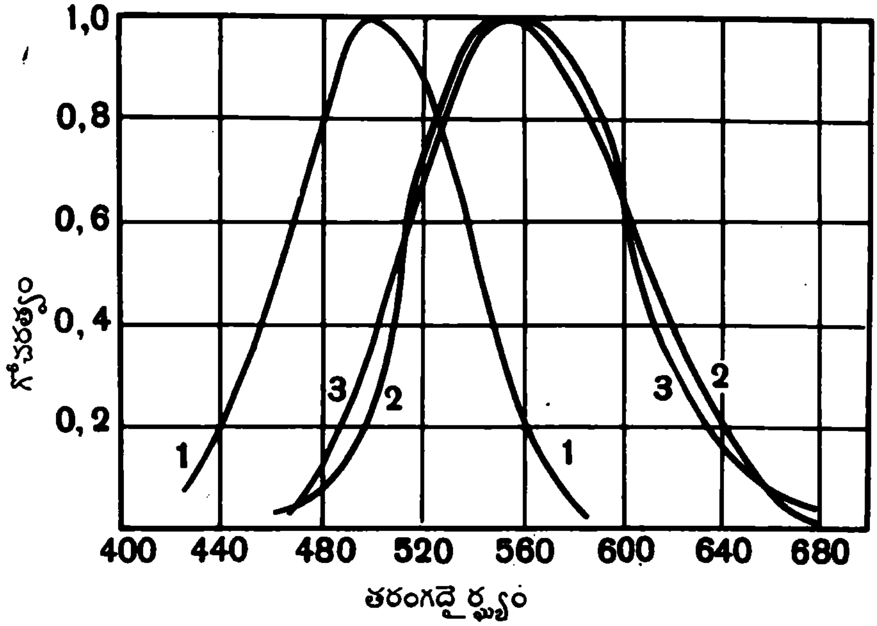
2 వ పట్టిక

కాంతి తీక్ష్ణత — కేండిల్ సామర్థ్యం	కనిష్ఠ గ్రాహ్య ప్రకాశిత అనులోమ శాతం	కాంతి తీక్ష్ణత — కేండిల్ సామర్థ్యం	కనిష్ఠ గ్రాహ్య ప్రకాశిత అనులోమ శాతం
2,00,000	4.25	100	2.78
50,000	2.55	50	3.78
20,000	1.83	20	4.60
10,000	1.63	10	6.10
5,000	1.58	5	10.3
2,000	1.80	2	16.7
1,000	1.98	1	21.2
500	2.25	0.5	27.6
200	2.35	0.2	33.2

పట్టికలో ఉదాహరించిన 2,00,000 కేండిల్ సామర్థ్య గరిష్ఠ కాంతి తీక్ష్ణత, సరాసరిగా పడే సూర్యకాంతి తీక్ష్ణతతో ఇంచుమించు సమానంగా వుంటుంది. అన్ని తీక్ష్ణతలలోకంటె 5,000 కేండిల్ సామర్థ్యంగల తీక్ష్ణతలలో దీప్తి భేదాలను కన్ను బాగా పోల్చుకోగలదని పట్టికలో వున్న ఫలితాలవల్ల తెలుస్తోంది; ఇంతకు బాగా మించిన తీక్ష్ణతలలోనూ, ఇంతకు మరీ తక్కువ తీక్ష్ణతలలోనూ కంటి శక్తి బాగా దిగజారిపోతుందనీ, కనిష్ఠ గ్రాహ్య ప్రకాశిత అనులోమ శాతం — 200 కీ 20,000 కేండిల్ సామర్థ్యానికీ మధ్య ఈ శాతం ఇంచుమించు స్థిరంగా (రమారమి 2 శాతం) వుంటూన్నప్పటికీ — హెచ్చుతుందనీ కూడా పట్టికవల్ల తెలుస్తోంది.

దీప్తితారతమ్యాలను పోల్చుకోగలిగే సామర్థ్యాన్ని కలిగివుండడం జీవులకన్నింటికీ అత్యంత ముఖ్యమైన విషయమని వేరే చెప్పనక్కరలేదు; ఈ సామర్థ్యంవల్లనే అవి ఒక వస్తువునుండి మరొక వస్తువును పోల్చుకోగలవు. ఏ పరిధులలో అయితే ఈ వ్యాపారం చురుకుగా జరుగుతూందో (200 కేండిల్ సామర్థ్యానికీ 20,000 కేండిల్ సామర్థ్యానికీ మధ్య), ఈ పరిధి సూర్యకాంతి తీక్ష్ణతయొక్క పరిధులతో ఇంచుమించుగా సరిపడుతూంది. తత్ఫలితంగా దీప్తితేడాలను పోల్చుకొనే శక్తి, కంటియొక్క పరమ దీప్తి గ్రహణ సామర్థ్యం వలెనే, సూర్యకాంతికి అలవాటు పడడానికే అనుగుణ్యంగా వుంది: అయితే, సరాసరి సౌరకాంతికి అలవాటుపడడానికి కాకుండా, వాతావరణంవల్లనూ మన చుట్టూరావున్న వస్తువులవల్లనూ వికిరణమవుతూ వున్న సౌరకిరణాలకు అలవాటుపడడానికే కంటికి ఈ శక్తి కలిగింది.

కంటికున్న ఈ "సౌరస్వభావం," ఇంతకంటే నిశితంగా చెప్పాలంటే సూర్యకాంతికి కన్ను అలవాటుపడడం, కాంతియొక్క వర్ణమాలా సంఘట్టనయెడల కన్ను ప్రదర్శించే ప్రక్రియలో మరింత బాగా ప్రత్యక్షం అవుతూంది. వర్ణమాలకి పరిధులంటూ లేనేలేవు; పొడవు తరంగాల పరిమితి అనంతాన్ని అందుకుంటూంది; కురుచ తరంగాల పరిమితి బహుస్వల్పాతిస్వల్పం. ఈ వైవిధ్యంలో దృశ్యకిరణాల ప్రాంతం తెలియకుండా పోతూందన్నమాట. ఉదాహరణకు: వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలుగల — అయినప్పటికీ సమాన శక్తిని గలిగిన — కిరణాలు కంటిమీద పడుతున్నాయనుకొందాం. పరశ్యోణ కిరణాలు కనబడనే కనబడవు; ఎరుపువి కన



52 వ పటం. "పగటి" గోచరత్వమూ, "సంధ్యారాగ" గోచరత్వమూ తెలిపే రేఖలు.

బడినా అస్పష్టంగానే కనబడతాయి; పసుపు-ఆకుపచ్చ కిరణాలు అన్నిటికంటే దీప్తివంతంగా కనబడతాయి; ఊదాకిరణాలు కనబడీ కనబడనట్టుంటాయి; ఇక అతినీలలోహిత కిరణాలు ఇంచుమించు కనబడనట్టే లెక్క.

పసుపు-ఆకుపచ్చ కిరణాల దీప్తిని ఏకాంకంకింద తీసుకొని, మిగతా కిరణాల దీప్తిని — వీటి శక్తిని సమానంగా వుంచి (ప్రయోగవేద్యా ఇది సులభంకాదనే చెప్పాలి) — దీనితో సరిపోల్చిచూస్తే, 52 వ పటంలో చూపబడిన కిరణములయొక్క "గోచరత్వము"ను సూచించే రేఖ మనకి లభిస్తుంది. ఈ పటంలో తరంగాల నిడివి భుజాక్షంమీదనూ, గోచరత్వం లంబాక్షంమీదనూ లెక్కింపబడ్డాయి. దీప్తి చాలా హెచ్చుగా వున్న పరిస్థితులలో కుడిచేతి వైపునున్న గ్రాఫులు లభించాయి; మామూలు "సగటు" సామర్థ్యంగల కంటికి వర్తించు తూన్నది *2* వ రేఖ; యాదృచ్ఛిక అవేక్షకుడికి వర్తించుతూన్నది *3* వ రేఖ. గరిష్ఠపరిమితిని పసుపు-ఆకుపచ్చని ప్రాంతం (556 mμ)లో రేఖ అందుకొని, తదుపరి తటాలున — రెండు వైపులా ఇంచుమించు సౌష్ఠవంగా — కిందకి దిగిపోతూన్నట్టు మనకి పటంవల్ల తెలుస్తూంది. పొడుగుతరంగాలుగల అతినీలలోహిత కిరణాలు (ఇంచుమించు 360 mμ), వాటి తీక్ష్ణత హెచ్చుగా వున్న పక్షంలో కంటికి కనబడుతాయి. వాటి వర్ణం ఊదాగా వుంటుంది. వీటికంటే ఇంకా కురుచగా వున్న సుమారు 300 mμ తరంగదైర్ఘ్యాన్ని గలిగిన కిరణాలు కూడా కన బడుతాయి, కాని మసకమసకగానే కనబడుతాయి. ఈ కిరణాలలో చాలా భాగాన్ని కంటిలోని స్ఫటికకటకం విచూషించుతుంది; చాలా కొద్ది భాగం మాత్రమే అక్షిపటలాన్ని అందుకో గల్గుతుంది. కాని అవి స్ఫటికకటకంచేత విచూషించబడిన ఫలితంగా కంటికి నీలవర్ణంగల ప్రస్ఫురణాన్ని (ఫ్లూరెసెన్స్) కలుగజేస్తాయి; ఈ ప్రస్ఫురణాన్ని అక్షిపటలం కూడా గమని స్తుంది. ఉదాహరణకు, మంచి శక్తివంతమైన అతినీలలోహితకిరణ ఉత్పత్తిస్థానం — పాదరస స్ఫటికశిలా దీపంవైపు, ఒక్క అతినీలలోహితకిరణాలనే పారప్రేషితంచేసి మిగతా అన్ని దృశ్య కిరణాలను విచూషించే ప్రత్యేకపు నలుపు అద్దంద్వారా చూచినట్టయితే, గది అంతా చుట్ట పొగలాగున్న లేత నీలంరంగు మబ్బుతో నిండిపోయినట్టు కనబడుతుంది. అక్షిపటలానికి కంటి యొక్క ప్రస్ఫురణం ఈ "పొగ" లాగునే కనబడుతుంది.

అత్యంత విస్తృత పరిధులలో సంభవిస్తూన్న కిరణాలలో బహుస్వల్ప పరిమితిలో వున్న కిరణాలను మాత్రమే మామూలుగా ఆరోగ్యస్థితిలో వున్న కన్ను చూడగలుగుతూంది. గోచ రత్వానికున్న ఈ పరిధిని ఏది నిర్ణయిస్తూంది? భూమి ఉపరితలంమీద పడే కిరణాలయొక్క సౌరవర్ణమాల వాతావరణంలో వున్న ఓజోనువాయువుపొర కురుచతరంగాలను ఆపివేయడం వలన ప్రాయోగికంగా 290 mμ తో అంతమొందుతూందని వెనుకటి ప్రకరణంలో చెప్పిన విషయాన్ని మనం ఇక్కడ జ్ఞాపకం చేసుకోవాలి. 290 mμ కంటెనూ కురుచగా వున్న

తరంగాలను గ్రహించడానికి కన్ను అలవాటుపడడం జీవశాస్త్రదృష్ట్యా వ్యర్థమయిన పనే అవుతుందన్నది స్పష్టంగానే కనబడుతూంది. అంతే కాదు. అతినీలలోహిత కిరణ గ్రహణానికి కన్ను అలవాటు పడకపోవడానికీ, అంతేకాకుండా ఆ కిరణాలనుండి కంటిని కాపాడుకోవడానికీ, మరొక కారణం కూడా వుంది. కురుచపాటి తరంగదైర్ఘ్యముగల కిరణాలు, చాలా సందర్భాల్లో, కర్బన పదార్థాలను రాసాయనికంగా విశ్లేషించేసి, చివరకి జీవరాసులను నాశనం కూడా చేసేస్తాయి. క్రిమినాశక పాదరస దీపాలు అనబడేవాటి క్రియ ఈ విషయంమీదే ఆధారపడి వుంది. ఈ దీపాలను స్ఫటికశిలతోనూ, ఇప్పుడు తరుచుగా, కురచపాటి అతినీలలోహిత తరంగాలను పారప్రేషణచేసే ప్రత్యేకమైన గాజుతోనూ, తయారుచేస్తున్నారు. ఈ దీపాలను ఆస్పత్రుల లోనూ, ఆహారపదార్థాలను నిలువచేసే గిడ్డంగులలోనూ, మ్యునిసిపల్ మంచినీళ్ల రిజర్వాయర్లలోనూ, సూక్ష్మజీవులను నశింపజేయడానికి వాడుకచేస్తారు. వీటి కిరణాలతో చర్మం ఎండకి నలుపెక్కినట్టు కృత్రిమంగా చర్మానికి కావిరంగుని తెప్పించవచ్చు; కాని 250 mμ తరంగనిడివిగల అతినీలలోహిత కిరణాలు దీర్ఘకాలం కంటిమీద పడిన యెడల కళ్లు గుడ్డి అయిపోయే ప్రమాదం వుంది.

మనిషికంటియొక్క అక్షిపటలం 400 mμ కంటె కురుచగా వుండే (దృశ్యవర్ణమాల యొక్క పరిమితే అని ఒక విధంగా అనవచ్చు) కిరణాలను అతిసులువుగా గ్రహించుతుంది, కాని వీటిని స్ఫటికకటకం చాలావరకూ విచూషించడం కారణంగా ఇవి అక్షిపటలాన్ని చేరుకోలేకుండా వున్నాయి. కటకంయొక్క వ్యాపారం అక్షిపటలంమీద బింబాన్ని కలుగజేయడమేకాకుండా, కాంతిని వడపోసే సాధనంగా కూడా పనిచేస్తూ, 400 mμ తరంగదైర్ఘ్యంగల కిరణాలనూ అంతకంటె కురుచనైన కిరణాలనూ అక్షిపటలంమీద పడకుండా అక్షిపటలాన్ని కాపాడుతుంది కూడా. అతినీలలోహిత కిరణాలనూ నీలంకిరణాలనూ అడ్డుకోవడం ఫలితంగా కంటిలో జరిగే వర్ణ విపథనాన్ని (ఎబరేషన్) తగ్గించివేయడానికీ, తద్వారా బింబంయొక్క నిశితాన్ని తగ్గించడానికీ సహాయపడుతూంది.

జీవశాస్త్రదృష్ట్యా కంటికి గోచరమయే కాంతియొక్క కింది పరిమితి సుమారు 400 mμ వరకూ ఎందుకుందో ఈ కారణాలవల్ల పూర్తిగా విశదమవుతూంది.

ఇక గోచరత్వంయొక్క పైపరిమితి గురించి ఆలోచించుదాం. దీర్ఘతరంగాల సందర్భంగా పరశ్శోణ కిరణాల ప్రాంతంతోనే మన దృష్టి ఎందుకు ఆగిపోతూంది? ఈ ప్రశ్నకి కూడా రెండు చక్కని కారణాలను మనం పేర్కొనవచ్చు. ఆకుపచ్చ కిరణాలను గ్రహించగలిగినట్టే పరశ్శోణ కిరణాలను కూడా కన్ను గ్రహించగలుగుతూందనే అనుకుందాం. యథార్థంగా ఇదే గనుక జరిగినట్టయితే ఇక మన గతి యేమవుతుందో చెప్పడానికే వీలులేదన్న మాట. వేడెక్కిన వస్తువులన్నీ కాంతిని వికిరణంచేస్తాయని మనం ఇదివరకే తెలుసుకొన్నాం;

బాగా ఉష్ణత చెందని వస్తువుల వికిరణం పూర్తిగా వర్ణమాలయొక్క పరశ్యోణ ప్రాంతానికే పరిమితమై వుంటుంది. కంటి గూడుతోసహా మానవశరీరంయొక్క తాపక్రమం ఇంచుమించు 37° సెంటిగ్రేడు వుంటుంది. ఉష్ణతావికిరణ నియమాలననుసరించి, మానవ శరీరంయొక్క గరిష్ఠ వికిరణం 9 నుండి 10 μ ప్రాంతాలలో సమానంగా వుంటుందనీ, చదరపు సెంటిమీటరు ఒక్కంటికీ ప్రతి సెకనుకీ వికిరణంచేయబడిన శక్తి 0.012 కేలరీతో సమానమవుతుందనీ (67 పుట) లెక్కకట్టగలం. కంటియొక్క లోపలి గోడలు సహితమూ ఈ శక్తిని వికిరణం చేస్తూనే వుంటాయి; కంటి లోపలి భాగం పరశ్యోణ కిరణాలను వికిరణం చేస్తుంది. కంటిగూడుయొక్క లోపలి ఉపరితలం ఎంత వికిరణం చేస్తుందో, మళ్లీ అంత వికిరణాన్ని విచూషిస్తుంది. మొత్తం కంటి లోపలి ఉపరితలంయొక్క వైశాల్యం అంతా సుమారు 17 చదరపు సెంటిమీటర్లుంటుంది. ఈ 17 సంఖ్యను 0.012 చేత గణించుతే 0.2 కేలరీ లబ్ధం వస్తుంది కన్ను తనకు తాను విచూషించుతూన్న శక్తి, కంటికి గోచరించనటువంటి కంటియొక్క స్వతహా తేజో శక్తి ఇదే. కంటికి గోచరంకాని ఈ పరశ్యోణ కిరణాలు, ఆకుపచ్చ కిరణాలలాగే, కంటికి కనబడుతున్నాయనే అనుకుందాం. ఒక మీటరు దూరంలో వున్న "ఆకుపచ్చని కొవ్వొత్తి దీపం," ఒక చదరపు సెంటిమీటరు ఒక్కంటికీ ఒక సెకనులో ఒక కేలరీలో వెయ్యిమిలియన్లలో 38 వ వంతును ఉద్గారితం చేస్తుంది; 0.2 కేలరీ 5 మిలియనుల కొవ్వొత్తి దీపాలతో సమానం. కంటి లోపలిభాగం అనేక మిలియనుల కేండిల్ సామర్థ్యంగల తీక్ష్ణతో వెలుగుతూ వుండును అన్నమాట. కంటికున్న ఈ స్వీయకాంతి సూర్యుని కాంతినీ పరిసరాలవెలుగునీ మించిపోతుంది. ఈ పరిస్థితుల్లో ఒక్క తన కంటిలోపలి భాగం తప్ప మనిషికి మరేమీ కనబడదు. ఇదే గుడ్డితనం అన్నమాట.

ఈ హేతువునే, దీర్ఘతరంగాలుగల పరశ్యోణ కిరణాలు కంటికి కనబడకపోవడానికి మంచి సబబైన కారణాలే వున్నాయి.

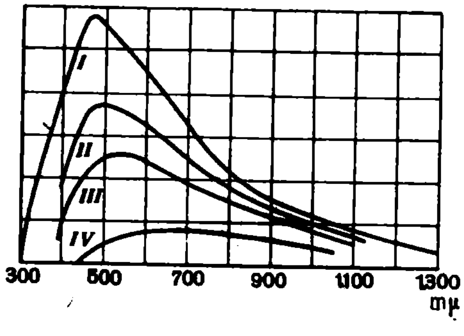
సరే ఇది బాగానే వుంది. అయితే, 1 μ నుండి 5 μ వరకూ వున్న హ్రస్వతరంగాలుగల పరశ్యోణ కిరణాలు కూడా కంటికి గోచరంకాకుండా వుండడానికి కారణమేమిటి? దృష్టియంత్రం అమరికలోనే ఇందుకు కారణం ఇమిడి ఉందేమో అనిపించుతూంది. ఈ యంత్రంయొక్క అమరిక మనకింతవరకూ స్పష్టంగా తెలియకుండానే వుంది. అయితే మాత్రం, కాంతియొక్క రసాయనిక్రియా ఫలితాలు కానీ, తేజో విద్యుత్క్రియా ఫలితాలు కానీ ఎప్పుడు మొదలవుతున్నాయో (తేజో విద్యుత్క్రియ అంటే అణువులనుండి ఎలెక్ట్రానులను బలవంతాన వేరుచేయడం అన్నమాట), ఆ క్షణంనుండే దృష్టిక్రియ కూడా ప్రారంభం అవుతూందని మనం నిశ్చయంగా చెప్పగలం. అయితే, తేజోరసాయనిక విధానాలుకానీ, తేజో విద్యుత్ విధానాలు కానీ ఆరంభించాలంటే, ముందుగా ఒక నిర్దిష్టమైన కనిష్ఠ పరిమాణంకంటె

తక్కువకాని శక్తి ఉత్పన్నంకావాలి, లేనియెడల అణువును చీల్చడానికిగానీ, వాటినుంచి ఎలెక్ట్రానులను గుంజి వేరుపరచడానికిగానీ సాధ్యంకాదు.

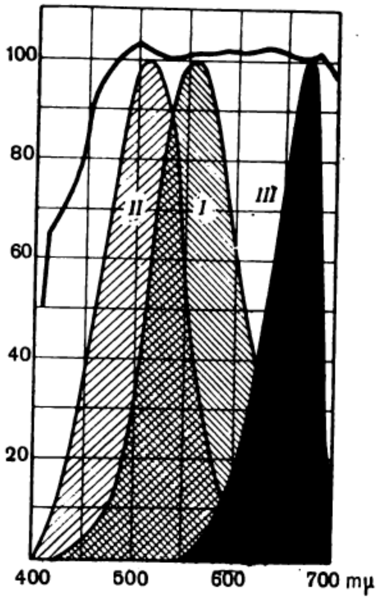
క్రియాశీలత దృష్ట్యా వర్ణమాలలో పరశ్శోణ ప్రాంతంలో జరిగే తేజో విద్యుత్ విధానాలు మనకింతవరకూ తెలిసినవి అనేకం వున్నాయి. ఈ కిరణాల క్రియా సామర్థ్యాన్ని, అనగా కాంతిక్రియ ఫలితంగా వస్తువుల విద్యుద్వహన సామర్థ్యము, పరశ్శోణ ప్రాంతంలో బాగా లోపువరకూ, అనగా 5—6 μ ప్రాంతంవరకూ కూడా వ్యాపించుతూంది. అయితే ఈ ప్రాంతంలోని కిరణాల సామర్థ్యం చాలా తక్కువనే చెప్పాలి. ఈ పరశ్శోణకిరణ పరిమితులలో ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లకి కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యం అసలే లేదు.

ఈ హేతువులనన్నింటినిబట్టీ — ఇందులో కొన్ని, సౌరకిరణాల లక్షణాలమీదనూ, కొన్ని పదార్థములపైన కాంతికుండే ప్రత్యేక క్రియా లక్షణాలమీదనూ ఆధారపడి వుంటాయి — వర్ణమాలలో రమారమి 0.4 కి 0.7 μ కి మధ్యనున్న బహుస్వల్ప ప్రాంతంలోని కిరణాలని మాత్రమే ఎందుకు చూడగలుగుతూందో మనకు పూర్తిగా విశదమవుతూంది.

గోచర ప్రాంతంయొక్క "ప్రకృతి వరణాన్ని" ఈ విధంగా నిర్ణయించడంలో మరొక సౌరవిశేషం కూడా పనిచేస్తూంది. సౌరవర్ణమాలలోని శక్తిపంపకాన్ని పరిశీలించుదాం. భూమిమీద నివసించే జీవికి ఈ పంపకం ఎప్పుడూ స్థిరంగా వుండదు. ఆకాశంలో సూర్యుని స్థానాన్నిబట్టి ఈ పంపకం మారుతూ వుంటుంది. క్షితిజంపైన సూర్యుని ఉచ్చదశను బట్టి, సూర్యకిరణాలు చొచ్చుకొనిపోవలసిన వాతావరణంయొక్క మందం హెచ్చుగా మారుతూ వుంటుంది. సూర్యకాంతిలోని వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలుగల కిరణాలను వాతావరణం వివిధంగా విశ్లేషిస్తూ వివిధంగా విచూషించుతుంది. ఈ విషయాన్ని సూర్యుని గురించి చెప్పిన ప్రకరణంలో ఇదివరకే ప్రస్తావించాం. ఫ్రౌన్‌హోఫర్ రేఖలులేని సౌరకిరణాలయొక్క సాపుగా గీయబడిన శక్తిపంపిణీ రేఖలను 53 వ పటం చూపించుతూంది: *I* వ రేఖ ఉపరి వాతావరణంలోని సూర్యకాంతికి చెందినది; *II* వ రేఖ సూర్యుడు ఉచ్చదశలో ఉన్నప్పుడు;



53 వ పటం. క్షితిజంలో సూర్యుడు అనేక దశలలో వున్నప్పుడు సౌరవర్ణమాలలోని శక్తి పంపకం.



54 వ పటం. మధ్య అక్షాంశాలలోని మధ్యాహ్నపు సూర్యునియొక్క మధ్యమాన సాంవత్సరిక శక్తిపంపకపు రేఖ (పైనున్న రేఖ). *I* — పగటిపూట గోచరత్వపు రేఖ; *II* — సంధ్యాకాలమందు గోచరత్వపు రేఖ; *III* — క్లోరోఫిల్ విచూషణ రేఖ.

III వ రేఖక్షితిజంలో సూర్యుడు 30 డిగ్రీలలో వున్నప్పుడు; IV వది సూర్యోదయ సూర్యాస్తమయ సమయాల్లో క్షితిజంమీద సూర్యుడు 10 డిగ్రీలలో వున్నప్పుడూ చూపుతున్నాయి. 54 పటంలో అన్నిటికంటె పైనున్న గ్రాఫు (మాధ్యమిక అక్షాంశాలలోని) మధ్యాహ్నపు సూర్యునియొక్క మధ్యమాన సాంవత్సరిక శక్తిపంపకాన్ని తెలుపుతూంది. కంటికి ప్రాధాన్యతను వహిస్తూన్నది ఈ పటంలో అన్నిటికంటె పైనవున్న మధ్యమాన రేఖే.

"సగటు" సూర్యుని పరిస్థితులలో, 450 నుండి 650 mμ ప్రదేశంలో, శక్తిపంపకం ఇంచుమించు సమానంగానే జరుగుతూందనీ, ఈ పరిధులను దాటిన తరువాత మాత్రం గభాలున తగ్గిపోతూందనీ ఆఖరి రేఖవల్ల మనకి తెలుస్తూంది. వేరే మాటల్లో చెప్పాలంటే: 54 వ పటంలో ఛాయగా చూపబడిన *I* వ ప్రదేశం చుట్టూ వున్న గోచరత్వపు రేఖ, సగటు సౌరకాంతి పంపకపు రేఖలోని ఉత్తమంగా ప్రయోజనకరమైన భాగాలలోనే ఇమిడి వుంది.*

---

*వర్ణమాల రేఖలు తరంగదైర్ఘ్యపు స్కేలులో గనుక ప్రదర్శించినట్టయితే, సౌరమాన శక్తిపంపిణీ రేఖయొక్క గరిష్ఠత, కంటియొక్క వర్ణమాలా సామర్థ్యంతో సరిగ్గా సరిపడుతుంది; అలాగుకాకుండా పౌనఃపున్య స్కేలులో ప్రదర్శించినట్టయితే, సరిపడదు. ఈ హేతువను, సూర్యకాంతికి కన్ను అలవాటపడింది అనే విషయం ఈ అనురూపం ఒక్కదానివల్లే రూఢి అవుతూందని మనం అనకుండా, ఈ గ్రంథంలో ఎస్. ఐ. వవీలొవ్ ఉదహరించిన మొత్తం అన్ని కారణాలవల్లనూ రూఢి అవుతూందనే మనం అనవలసి వుంటుంది. — సం.

ప్రకాశమాన శక్తిని ఎంత పొదుపుగా వీలైతే అంత పొదుపుగా గ్రహించడమే గనుక కంటియొక్క ఏకైక కార్యమే అయివుండినయెడల, 0.4 నుండి 0.7 μ వరకూ వుండే ప్రాంతం అంతటా కంటియొక్క సామర్థ్యం ఒక్క విధంగానే వుండినట్టయితే ఈ సమస్య సుళువుగానే పరిష్కారం అయిపోయివుండేది.

అయితే మాత్రం, ఈ సమస్యను అంత సుళువుగానూ అంత స్థూలంగానూ ఎదుర్కొనడానికి వీలులేదు. జీవశాస్త్రదృష్ట్యా, ఈ తరంగదైర్ఘ్యాన్నిగల కిరణాలను కన్ను గ్రహించగలుగుతూందా, ఆ తరంగదైర్ఘ్యాన్నిగల కిరణాలను గ్రహించగలుగుతూందా అనే పరమ గ్రహణశక్తి గురించి కాకుండా, ఒక వస్తువును మరొక వస్తువునుండి చక్కగా పోల్చుకొనగలిగే శక్తి ఈ సమస్యలో వున్న ఆంతర్యం. జీవశాస్త్రదృష్ట్యా, గ్రహించడం అంటే దృష్టి అనుభూతిని పొందగలిగే సామర్థ్యమే కాదు, పరిసరాలలో వుండే వివరాలనన్నీ చక్కగా పోల్చుకొనే సామర్థ్యం అన్నమాట. గోచరత్వపు రేఖ సన్నంగా వుండి, గభాలున దిగిపోవడంబట్టి వర్ణవిపథన ప్రభావాన్ని చాలా మటుకూ తగ్గించేస్తుంది; తత్ఫలితంగా అక్షిపటలంమీద బింబం మరింత స్పష్టంగా వుంటుంది. వివిధ తరంగదైర్ఘ్యాలనుగల కిరణాలను వివిధవస్తువులు వివిధరీతుల పరావర్తించడంవల్ల కూడా ఇదే ఫలితం కలుగుతూంది. ఇంతేకాకుండా, గోచరత్వపు రేఖా శిఖరంయొక్క రూపంలో సునిశితమైన గరిష్ఠాన్ని కలిగివుండడంవల్లనూ, క్రమేణా వాలుగా వుండడానికి బదులుగా వర్ణమాలయొక్క రెండుకొనలవైపూ తటాలునకిందకు దిగిపోవడంవల్లనూ, రంగులోనూ దీప్తిలోనూ మన చుట్టుపక్కల వుండే వస్తువులయొక్క తారతమ్య నిశితి మరింత అభివృద్ధి అవడం కూడా చాలా ముఖ్యమైన విషయం. ఒక వస్తువునుండి మరొకవస్తువును స్పష్టంగా గుర్తించగలిగే సామర్థ్యం ఈ లక్షణంవల్లే కంటికి కలుగుతూంది.

కాంతి ప్రకరణంలో మనం వెనుక చర్చించిన న్యూటను మిధోఘట్టన వలయాల గురించి మళ్ళీ మరొకసారి ఆలోచించుదాం.* చదునుగా వున్న అద్దపుపలకవల్లనూ, కటకమువల్లనూ పరావర్తనం గావింపబడిన కాంతియొక్క శక్తిని, అన్ని తరంగదైర్ఘ్యాలనూ సమానంగా గ్రహించగలిగే ఉపకరణమును ఉపయోగించి కొలిచినట్టయితే (థర్మో ఎలిమెంటు అనే ఉపకరణం ఇందుకు సరిగ్గా ఉపయోగపడుతుంది), న్యూటను వలయాలు ఉన్నట్టే మనం తెలుసుకోలేం. కంటియొక్క గోచరత్వపు రేఖ శిఖరంలాంటి స్పష్టమైన గరిష్ఠాన్ని కలిగి

---

*కొన్ని తరంగాలయొక్క తరంగదైర్ఘ్యముల గరిష్ఠాలు మరికొన్నిటియొక్క కనిష్ఠాలతో ఏకీభవించే పరిస్థితులలో తెల్లని వెలుగులో గావించిన అవేక్షణకు ఇది వర్తిస్తుంది; కంటికి ఉండే వివిధ వర్ణాలను విడమర్చి గ్రహించగలిగే శక్తి, ఈ సందర్భంలో, శక్తిగరిష్ఠాలూ శక్తి కనిష్ఠాలూ నిజంగా లేకపోయినప్పటికీ, వివిధ గరిష్ఠాలను గ్రహించడానికి కూడా సహాయపడుతుంది. — సం.

వుండడంవల్లనే ఈ వలయాలను కన్ను గ్రహించగలుగుతూంది. కంటియొక్క సామర్థ్యపు రేఖ వెడల్పుగా వుండి వుంటే, మన చుట్టుపక్కల వున్న ఎన్నో వస్తువులను మనం పోల్చుకోలేకపోయేవారం.

పగటిపూట వెలుగుయొక్క గోచరిత్వపు రేఖ ఆకుపచ్చని రంగుగల చెట్లవల్ల పరావర్తింప బడినట్టే, విశ్లేషింపబడినట్టే, సౌరకాంతియొక్క సగటు పంపకపు శక్తిరేఖతో ఇంచుమించు ఏకీభవించుతూండడం గమనార్హాం. చెట్టుచేమల్లో తిరుగాడుతూ చెట్టుచేమలను భక్షించుతూ జీవించే ప్రాణులకి ఇది సహజంగా ఎంతేనా ముదావహమైన విషయం.

భూమిమీద వున్న వాస్తవ పరిస్థితులకి కన్ను ఏ విధంగా జయప్రదంగా అలవాటుపడి నదో ఈ ఉదాహరణ మనకు చక్కగా తెలియజేయడమే కాకుండా, కంటికీ సూర్యుడికీ వున్న బాంధవ్యాన్ని కూడా చక్కగా రుజువుపరుస్తూంది.

చాలా తక్కువ వెల్తురులో గోచరత్వపు రేఖ పూర్తిగా మారిపోతుంది. బలహీనమైన తీక్ష్ణతలలో సంభవించే గోచరత్వపురేఖలు 52 వ పటంలోనూ 54 వ పటంలోనూ ఎడమ చేతివైపు చూపబడ్డాయి: మంచి తీక్ష్ణంగా వున్న వెల్తురుయొక్క గోచరత్వపు రేఖతో సరి పోల్చిచూచినయెడల, ఈ రేఖలు వర్ణమాలలోని నీలం పరిధులలోకి చొచ్చుకొని పోతూన్నట్టు స్పష్టంగా కనబడుతూంది. సంధ్యాసమయాల్లో వుండే ఈ దృష్టియొక్క ప్రత్యేకపు లక్ష ణాన్ని (దీనిని అంధకారదృష్టి అంటారు) శరీరశాస్త్రజ్ఞులు ఈ కింది విధంగా విపులీకరి స్తున్నారు. అక్షిపటలంలో కాంతి గ్రహణసామర్థ్యంగల మూలపదార్థాలైన శంకులూ కడ్డీలూ ఉన్నాయన్న విషయాన్ని మనం ఇదివరకే తెలుసుకొన్నాం. పగటిపూట వెలుతురుని గ్రహించే దృష్టి (తేజో దృష్టి) క్రియకు శంకులే ముఖ్యంగా కారణభూతాలవుతున్నాయి. కాని వీటి కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యం చాలా తక్కువ; వెలుగు బలహీనమైపోగానే వీటి క్రియ పూర్తిగా ఆగిపోతుంది. సరిగ్గా ఈ సమయానికి కడ్డీలు పనిచేయడం ఆరంభిస్తాయి. వీటి గోచరత్వపు రేఖ వేరే రూపంగా వుంటుంది. ఈ విషయాన్ని ఈ దృష్ట్యా పరిశీలించినట్టయితే, 54 వ పటంలో వున్న *I* వ రేఖ ''పగటి'' శంకులకూ, *II* వ రేఖ ''రాత్రి'' కడ్డీలకూ అన్వయిస్తాయి.

వాతావరణంవల్లనూ, చెట్టుచేమలవల్లనూ, విశ్లేషించబడిన సౌరకాంతిని కన్ను అల వాటు చేసుకోవడం ఫలితంగానే పగటి గోచరత్వపు రేఖ సంభవించి ఉండినట్టయితే, రాత్రి పూట వుండే ఆకాశపు పరిస్థితులను కన్ను గ్రహించడానికి సరిపడినట్టిదిగా ''రాత్రి'' రేఖ వుండాలి. రాత్రి ఆకాశపు ప్రకాశిత్వంలో చంద్రునిమీద సరాసరిగా పడిన సౌరకాంతిని విశ్లే షించేందుకు రాత్రిపూట చంద్రుడులేని పరిస్థితులలో, నక్షత్రాల వెలుగూ, అతిస్వల్ప పరిమి తులలోనైనా రాత్రి చాలా సేపటివరకూ వాతావరణంలోనుండి చొచ్చుకొనివచ్చిన సూర్యకిర

ణాల స్వల్పాతిస్వల్ప విశ్లేషణమూ, స్వతహాగా ఆకాశానికున్న ప్రకాశిత్వమూ (మొత్తంగా ఉద్గారితమవుతూ వున్న వెలుగులో ఇదే ప్రధానమైన భాగం), ఈ మూడు అంశాలూ వుంటాయి. వాతావరణపు పైమండలాలలో వున్న ఆక్సిజని నత్రజని పరమాణువులు ఉద్గారితంచేసే కాంతివలన, ఆకాశానికి స్వతహా వుండే ప్రకాశిత్వం కలుగుతూంది. ఆకాశపు రాత్రి కాంతియొక్క వర్ణమాల, రేఖలను కలిగి, అందులోనూ ముఖ్యంగా 558 mμ తరంగదైర్ఘ్యములనుగల గాఢమైన ఆకుపచ్చని రేఖనూ కలిగి వుంటుంది. ఆకాశంయొక్క ప్రకాశిత్వం ఇంచుమించు అర్ధరాత్రి సమయంలో గరిష్ఠపరిమితిని కలిగివుంటుంది. అయితే మాత్రం, "రాత్రి" గోచరత్వపు రేఖను రాత్రి ఆకాశానికి అన్వయింపజేసే యత్నాలకు చిక్కులే తటస్థిస్తున్నాయి. వాటినన్నిటినీ నేటివరకూ కూడా పరిష్కరించలేకుండా వున్నాం. నక్షత్రాలనుండీ, సహజంగా ఆకాశంనుండీ, వచ్చే మొత్తం ప్రకాశిత శక్తిసంపిణీయొక్క కొలతలు ఇంకా తగినంత సంఖ్యలో లేవు. 1941 సంవత్సరపు చలికాలంలో పి.పి. ఫెయొఫీలొవ్ గావించిన ప్రయోగ ఫలితాల ప్రకారం, రాత్రి ఆకాశంయొక్క మొత్తపు శక్తిసంపకం, 4000° సెంటిగ్రేడ్ తాపక్రమాన్ని కలిగిన కృష్ణవికిరణ వస్తువుయొక్క శక్తిసంపకంతో సమానంగా వుంటుంది; అనగా, నీలంగా వుంటుందనే మనకి సహజంగా తట్టే ఊహకి వ్యతిరేకంగా, ఎరుపుగా వుంటూంది. అయినా ఈ కొలతలను అన్ని పరిస్థితులకీ అన్వయించడానికి వీలులేదు; భూగోళంమీద వివిధ స్థలాలలోనూ, వివిధ రుతువులందూ ఇంకా విస్తృతంగా అనేకసార్లు కొలతలను తీసుకోవలసి వుంటుంది. ఇంతే కాకుండా, కేవలం దృష్టి అనుభూతిని కలిగించడం ఒక్కటే కంటియొక్క ప్రధానకర్తవ్యం కాదనీ, చుట్టుపక్కల వుండే వస్తువులను ఒక దానినుండి ఒక దానిని స్పష్టంగా పోల్చుకోవడమే కంటియొక్క ప్రధానకర్తవ్యమనీ, పగటిపూటకంటెనూ మరీ క్లిష్టమైన రాత్రిపూట ముఖ్యంగా, ఈ కర్తవ్యంయొక్క ప్రాధాన్యత మరీ హెచ్చుగా వుంటుందన్న విషయాన్ని మనం ఎంతమాత్రమూ మర్చిపోకూడదు. ఈ సమస్యలను ఇంకా సరిగా అధ్యయనం చేయలేదు. రాత్రి గోచరత్వపురేఖ వర్ణమాల కురుచ తరంగాలవైపుగా మొగ్గుతూండడం ఏదో యాదృచ్ఛంగా జరుగుపోతూన్న సంఘటన అని మనం అనుకోకూడదు. యావత్తు ప్రాణికోటియొక్క పరిణామ చరిత్రనీ మనం తీసుకొని ఆలోచించినట్టయితే, రాత్రిగోచరత్వపు రేఖ ఈ విధంగా మొగ్గుతూ వుండడం, కన్ను రాత్రిపూట వస్తువులను మరింత స్పష్టంగా పోల్చుకోవడానికే ఏర్పడిందనే మనం ఊహించుకోవలసి వస్తూంది.

వస్తువులను చూడడం కంటియొక్క కర్తవ్యం. కాని ప్రకాశితశక్తిని రసాయనిక మార్పుల కోసం వినియోగించుకోవడం ఆకులయొక్క కర్తవ్యం. ఈ విషయాన్నే, పచ్చని చెట్లయొక్క తేజోరసాయనిక సామర్థ్యపురేఖయొక్క వర్ణమాలా స్థానం, మనకి ప్రస్ఫుటంచేస్తూంది. 54 వ పటంలో చూపబడిన III వ ప్రదేశం చెట్లలో వుండే ఆకుపచ్చని రంగుపదార్థ

మైన క్లోరోఫిల్‌యొక్క విచూషితరేఖను తెలియజేస్తూంది. పగటిపూట గోచరత్వపురేఖతో సరిపోల్చిమూస్తే, విచూషితరేఖయొక్క గరిష్ఠత పొడగు తరంగాల దిశవైపు స్పష్టంగా మొగ్గుతూంది. జీవశాస్త్రదృష్ట్యా ఇది యేమాత్రం సబబుగా వుంది? ఈ సందర్భంలో పొడుగు తరంగాలే ఎందుకు ఉపయోగకరంగా వుంటున్నాయి?

కాంతిప్రకరణంలో (39 వ పుట) వెనుక మనం పేర్కొన్న తేజోరసాయనశాస్త్రం యొక్క మూలసూత్రాన్ని గురించే మళ్లీ మరొకసారి ఆలోచించుదాం. అణువులో రసాయనిక మార్పులను తీసుకురావడానికి $h\nu$ పరిమాణంగల ఒక క్వాంటం శక్తిని విచూషించవలసి వుంటుందని మనం ఇదివరకు తెలుసుకొన్నాం. ఈ క్వాంటంయొక్క శక్తి, రసాయనిక విశ్లేషణానికి అవసరమైన $h\nu_0$ పరిమాణాన్ని కలిగిన ఒక కనిష్ఠమూల్యానికి మించేవుండాలి; లేనియెడల ఆ రసాయనిక ప్రక్రియ సంభవించనే సంభవించదన్న విషయం మనకి తెలిసినదే. ఈ హేతువును, పరశ్శోణ కిరణాల ప్రక్రియవల్ల ఈ రసాయనిక విధానం జరిగే అవకాశం చాలా తక్కువ అనే మనకి తెలుస్తూంది.

అయితే, విచూషింపబడిన $h\nu$ క్వాంటములలో, వాటి మొత్తం శక్తి $h\nu_0$ కంటె మించి నట్టయితే, ఏ ఒక్క క్వాంటం అయినా రసాయనిక ప్రక్రియను ప్రారంభించగల్గుతుంది. ఆ క్వాంటంయొక్క శక్తి ఎంత హెచ్చుగా వున్నప్పటికీ కూడా, ఆ శక్తిని ఒక అణువు మాత్రమే విచూషించగలిగి, ఈ క్వాంటం శక్తి ఎంత తక్కువ శక్తిని కలిగివున్నా సరే, $h\nu_0$ కంటె మించి వుండే పక్షంలో, అంత సమాన ఫలితాన్నీ అది కలుగజేస్తుంది. ఈ కారణంచేత, తేజోరసాయనికదృష్ట్యా, తక్కువ రకపు శక్తి (ఇది మాత్రం $h\nu_0$ కంటె మించి వుండాలి) కలిగిన క్వాంటములే, అనగా ఆ యా పరిస్థితులలో వున్న తరంగపు నిడివిలో అన్నిటికంటే హెచ్చు నిడివిగల కిరణాల క్వాంటములే చెట్లకి హెచ్చు లాభకరంగా వుంటాయి.

54 వ పటంలో (పైన వున్న గ్రాఫు) చూపబడిన సౌరకాంతియొక్క మాధ్యమాన పంపకపు రేఖను మనం తీసుకొన్నట్టయితే, 450 కి 650 mμ మధ్య ఏకరూపంలో వున్న రేఖాభాగమంతటిలోనూ, 600 – 700 mμ ప్రాంతమే – అనగా వాస్తవంగా అది తటస్థిస్తున్న ప్రాంతంలో అన్నమాట – క్లోరోఫిల్‌రేఖకి లాభంగా వుంటుందని మనకు స్పష్టంగా తెలుస్తూంది.

ఫోటోగ్రాఫరు తాను ఉపయోగించదలచుకొన్న ప్లేటుయొక్క వర్ణమాలా గ్రహణ సామర్థ్యంయొక్క గరిష్ఠ ప్రమాణాన్ని మార్చదలచుకొంటే, అందుకుగాను "సూక్ష్మగ్రహణ కారకులు" అని చెప్పబడే కర్బనయౌగిక రంగుపదార్థాలతో ప్లేట్లయొక్క కాంతిగ్రహణ పొర పైన పూతపూస్తాడు. తత్ఫలితంగా తన అవసరాలను అనుసరించి ప్లేటుయొక్క ఎరుపు, పసుపు, ఆకుపచ్చ కిరణగ్రహణశక్తులను హెచ్చించడానికి అతనికి వీలుకలుగుతూంది. కంటిలోని

చాక్షుష ధూమ్రమూ, ఆకులలోని క్లోరోఫిల్లూ "సూక్ష్మగ్రహణకారకులు"గా పనిచేస్తూ, సరిగ్గా ఈ కార్యాన్నే ప్రకృతిలో విజయవంతంగా సాధిస్తున్నాయి.

దీపశాస్త్రపు ఇంజినీరింగులో, గోచరత్వపు రేఖయొక్క ఆకృతి ఏ విధంగా వుంటూందీ అనే విషయానికి విశేష ప్రాముఖ్యం వుంది. కృత్రిమ కాంతిని ఉత్పత్తిచేసే దీపాలన్నీ కూడా (కొవ్వొత్తులు, కిరసనూనె దీపాలు, జ్వలీకృతములైన దీపాలు మొదలైనవి) ఉష్ణతవల్ల సంభవించే వికిరణాలనే వినియోగిస్తున్నాయి; అయితే ఇలాగు ఉత్పత్తి అయిన వికిరణాలలో కొంత భాగం మట్టుకే మన కంటికి గోచరమవుతున్నాయి: మిగతా వికిరణాలన్నీ మన దృష్టికి వినియోగపడకుండా పూర్తిగా వృధా అయిపోతున్నాయి. కృష్ణవస్తువుయొక్క తాపక్రమం హెచ్చవుతూన్నకొద్దీ, క్రమేణా వికిరణశక్తిలోని అధికభాగం పరశ్శోణ కిరణ ప్రాంతంనుండి దృశ్య ప్రాంతంలోకి మారిపోతూంటుంది; తత్ఫలితంగా దీపంయొక్క కార్యదక్షత హెచ్చు అవుతూంటుంది. కాని ఎల్లకాలమూ ఇది ఇలా జరగదు. తాపక్రమం హెచ్చవుతూండగా, వికిరణమైన శక్తిలో కొంతభాగం దృష్టికి గోచరంకాని అతినీలలోహిత ప్రాంతంలోకి మరిపోతూ వుంటుంది. ఉద్గారితమైన వికిరణాలలో అత్యధికభాగం అతినీలలోహిత కిరణప్రాంతంలోకీ, ఎక్సుకిరణాల ప్రాంతంలోకీ మారిపోయేటట్టి తాపక్రమాన్ని ఉత్పత్తిచేయడానికి సిద్ధాంతరీత్యా అవకాశం వుంది. దీన్నిబట్టి, కాంతి ఉత్పత్తిస్థానాల జ్వలీకరణంలో, కంటికి గరిష్ఠప్రమాణంలో ఉపయోగకారిగా వుండడానికి, నిర్దిష్టమైన తాపక్రమం అంటూ ఒక తాపక్రమం ఉండితీరాలనే తెలుస్తూంది. ఈ తాపక్రమం ఏ పరిమాణంలో వుంటుంది?

వివిధ తాపక్రమాలలో, వికిరణమవుతూన్న శక్తిలో ఎంత శాతం దృష్టికి గోచరమయే కాంతిగా వెడలుతూందో 3 వ పట్టిక తెలుపుతూంది.

3 వ పట్టిక

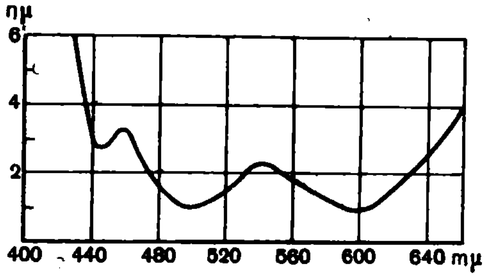
పరమ తాపక్రమం, °K	1500	2000	3000	4000	6000	8000	12000
దృగ్గోచర కాంతిగా ఉద్గారితమైన కాంతి, శాతం	0.0	1.7	14.6	31.8	49.7	47.7	18.6

ఈ పట్టికనుబట్టి, 6000° సెంటిగ్రేడ్ తాపక్రమంలో వికిరణమయిన శక్తిలో సగం భాగం మనకంటికి గోచరమయే కాంతికింద మారుతూందనీ, ఈ తాపక్రమమే అన్నిటికంటే హెచ్చు ఉపయోగకరమైనదనీ తెలుస్తూంది. కాని 6000° సెంటిగ్రేడ్ తాపక్రమం అంటే సూర్యుని తాపక్రమం అన్నమాటే! ఈ సందర్భం దృష్ట్యా, సూర్యుని వికిరణాలకీ, కృష్ణ

వస్తువుకీ, కంటికీ ఎట్టి సంబంధం వుంది? ఈ రెండు తాపక్రమాలు ఒకదానితో ఒకటి సరి పోతున్నాయని మనం తెలుసుకున్నాం; అయితే ఈ సరిపోవడం యాదృచ్ఛికమా? కాంతిని గురించీ, సూర్యుని గురించీ, కంటిని గురించీ మనం ఇంత విపులంగా తెలుసుకొన్న తరువాతనూ, సూర్యుడు ఉండడంవల్లే కన్ను జన్మించిందనీ, ఒక విధంగా చూస్తే సూర్యునికోసమే కన్ను ఏర్పడిందనీ, సూర్యుని ప్రభావం కారణంగానే కన్ను అభివృద్ధి పొందిందనీ మనం సోదా హరణంగా తెలుసుకొన్న తరువాత, ఈ మూడింటికీ సంబంధం వుండడం సహజమేకాకుండా అవసరమనీ మనకి స్పష్టపడుతూంది. ఈ కన్నే సూర్యుడినీ చూస్తూంది; ఈ కన్నే ప్రకాశిత మైన కృష్ణవస్తువునూ చూస్తూంది. కాని సూర్యుని కాంతికి అలవాటుపడడం నిమిత్తమే కన్ను పరిణామాన్ని పొందింది; తత్కారణంగానే సౌరవర్ణమాలకీ కృత్రిమకాంతి ఉత్పత్తి స్థానంయొక్క వర్ణమాలకీ వున్న సారూప్యతే ఈ సమస్యను తృప్తికరంగా పరిష్కరిస్తూంది.

కాంతియొక్క వర్ణమాలా సంఘట్టనాన్ని పోల్చుకోవడంలో కంటికి ఏమాత్రం సామర్థ్యం వుంది? వర్ణమాలలోని అధికభాగాన్ని కన్ను గ్రహించలేకుండా వుందనీ, దృశ్యవర్ణమాలలో కూడా కొన్ని కిరణాలు కంటికి తీక్ష్ణంగా వున్నట్టు కనబడితే, మరికొన్ని లీలగానే కనబడుతు న్నాయనీ, ఈ విషయాలనే మనం ఇంతవరకూ బాగా తెలుసుకొన్నాం. అయితే, ఎరుపు కాంతినీ నీలపు కాంతినీ, సమానదీప్తిని కల్గినవిగా చేసినప్పటికీ కూడా, ఒకదానినుండి ఒకదానిని ఎట్టి పొరపాటూ లేకుండానే పోల్చుకోగలుగుతుందనే విషయం కూడా మనకి తెలుసు. దీన్నిబట్టి, కాంతియొక్క వర్ణమాలా సంఘట్టనాన్ని పోల్చుకోవడానికి తనకు కలిగే కేవలం ఒక్క అను భూతి ప్రమాణమే కాకుండా, ఇతర అవకాశాలు కూడా కంటికి వున్నాయని మనకి విశదం అవుతూంది. సౌరవర్ణమాలలో వున్న ఇంద్రధనస్సు వర్ణాలను పోల్చుకోవడమేకాకుండా, ఈ వర్ణాలలోనే చాలా ఛాయలను పోల్చుకొనగలిగే శక్తి — కొంతమందికి కొన్ని వందల సంఖ్యలో వివిధ ఛాయలను గుర్తుపట్టగల శక్తి — కూడా కంటికి వుంది. వర్ణాలను పోల్చుకోగల్గడంలో కంటికిగల శక్తిని మనం ఈ కింది విధంగా నిర్వచించవచ్చు. అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాలలో ఒకదాని సరసను ఒకటి వున్న రెండు ఖండాలను సరిపోల్చినప్పుడు, ఒక వర్ణాన్ని ఎన్ని మిల్లిమైక్రానులు మార్చి నప్పటికీ దీనిని రెండవ వర్ణంనుండి విడిగా కన్ను గుర్తుపట్టలేకపోతుందో ప్రయోగవేద్యంగా కనిపెట్టవలసి వుంటుంది. తరంగదైర్ఘ్యంలో వున్న గరిష్ఠభేదాన్ని మిల్లిమైక్రానులలో తెలియపర్చినట్టయితే, ఆ సంఖ్య ఆ వర్ణమాలా భాగంలో వున్న వర్ణాలను గుర్తుపట్టడంలో కంటికిగల సామర్థ్యాన్ని తెలుపుతుంది. ఈ విధంగా అవేక్షించిన ఫలితాలను తీసుకొని రేఖ గీసినయెడల 55 వ పటంలో చూపబడినట్టు వర్ణములను గుర్తుపట్టడంలో కంటికిగల సామ ర్థ్యాన్ని తెలిపే రేఖ మనకి లభిస్తుంది. ఈ పటంలో భుజాక్షంమీద తరంగదైర్ఘ్యములూ,

55 వ పటం. కంటియొక్క వర్ణమాలా వివక్షతా గ్రహణ సామర్థ్యాన్ని తెలిపే గ్రాఫు.



లంబాక్షంమీద, వర్ణభేదములను కన్ను గుర్తుపట్టకుండా వుండేందుకు అవసరమైన మిల్లి మైక్రానుల గరిష్ఠభేద సంఖ్య, లెక్కించబడ్డాయి. రేఖయొక్క ఆకృతి చాలా క్లిష్టంగానే వుంది. అయినప్పటికీ, వర్ణమాలను ఇంద్రధనస్సు రంగులలోకి మనం అనుభవవేద్యంగా విభజించడానికి కొన్ని కారణాలను సూచించుతూంది ఈ గ్రాఫు. ఈ గ్రాఫుకుండే కనిష్ఠ గరిష్ఠాలన్నీ వేర్వేరు ఇంద్రధనస్సు వర్ణాలమధ్యవుండే సరిహద్దులను ఒక విధంగా తెలియజేస్తూన్నాయని మనం భావించవచ్చు. ఉదాహరణకు: ఊదారంగుకీ నీలిరంగుకీ మధ్యనున్న సరిహద్దు ఇంచుమించు 445 mμ లో వుందనీ, నీలిరంగుకీ నీలానికి 460 mμ లో వుందనీ, నీలానికి ఆకుపచ్చకీ 500 mμ లో వుందనీ, ఆకుపచ్చకీ పసుప్పచ్చకీ 540 mμ లో వుందనీ, పసుప్పచ్చకీ నారింజపండురంగుకీ 600 mμ లో వుందనీ మనకి తెలుస్తూంది. ఎరుపు ప్రాంతంలోని కొలతలు నిర్ణయించడానికి ప్రయోగాలు ఇంకా జరుగలేదు.

వర్ణవివక్షతా సామర్థ్యం ఒక్క శంకులకే వుంది; సంధ్యాదృష్టిలో, కడ్డీలు తమ పాత్రను నిర్వహిస్తాయి కాబట్టి, వర్ణమాల రంగులు అదృశ్యమైపోయి, అన్ని రంగులూ ఒక్కలాగే ఏకంగా-బూడిదరంగుగా కనబడతాయి. గుడ్లగూబలూ, గబ్బిలాలూ, చేపలూ, వీటి కంటి అక్షిపటలంలో శంకులు లేకపోవడంబట్టి చూస్తే, వీటికి వర్ణనిర్ణయదృష్టి లేనట్టే మనం నిశ్చయించవలసి వస్తూంది. వీటికి ప్రపంచం అంతా ఒక్క నలుపు తెలుపూ వున్న బొమ్మలాగే కనబడుతుంది. మనిషికంటిలో కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యాన్ని కలిగినట్టి రెండు పరికరాలున్నాయి. ఒక పరికరం వర్ణచిత్రాలను తీసే కెమేరాలాంటిది; ఇది మాత్రం అట్టే సూక్ష్మగ్రాహి కాదు; ఇది పగటిపూటప్పుడే పనిచేస్తుంది. రెండవది సంధ్యాసమయమప్పుడూ, రాత్రిళ్లూ పనిచేస్తుంది; ఇది ఒక్క నలుపూ తెలుపూ రంగుల ఫోటోగ్రాఫులనే తీయగలదు; కాని ఇది మంచి సూక్ష్మగ్రాహి.

కాని ఏది ఎలాగున్నా, వర్ణ వ్యత్యాసాలను పోల్చుకోవడంలో కన్ను వర్ణమాలా విశ్లేషణతో పోటీకి నిలబడలేదు. తెల్లవెలుగును మనం ప్రాదేశికంగా దాని సరళకిరణాలకింద విడదీసి ప్రదర్శించినట్టయితే, అప్పుడు వాటివాటి రంగులను ఆధారంచేసుకొని కన్ను ఒకదానినుండి మరొక

దానిని స్పష్టంగా పోల్చుకోగలుగుతుంది. కాని కన్ను అతి సులువుగా మోసపోతుంది. వర్ణ మాలలోని మూడు సరళవర్ణాలను, ఉదాహరణకు: ఎరుపు, ఆకుపచ్చ, ఊదా, వేర్వేరు పాళ్లలో కలిపినట్టయితే ఏ స్వచ్ఛమైన రంగేనాసరే ఏర్పడుతుంది. అతి సాధారణమైన రంగురంగుల ఫోటోగ్రాఫీ, రంగురంగుల సినీమా ఈ సరళమైన విధానంమీదనే ఆధారపడి కనిపెట్టబడ్డాయి.

ఎరుపు, ఆకుపచ్చ, ఊదా రంగుల అద్దాలను (కాంతివడపోత సాధనాలు) విడివిడిగా ఉపయోగించి విడివిడిగా మూడు మామూలు ఫోటోగ్రాపులను తీస్తారు. మూడు ఋణచిత్రాలూ (నెగెటివులూ) మామూలు చిత్రాలలాగే కనబడుతాయి. వాటినిబట్టి గాజుపలకలమీద (మ్యాజిక్ లాంతరు స్లైడ్లమీద) ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్రింట్లు తీస్తారు. ఈ స్లైడ్లలో భేదం యేమిటంటే, ఒక చిత్రం అచ్చుపు ఎరుపు కిరణాలవల్లనే ఏర్పడగా, రెండవది అచ్చుపు ఆకుపచ్చ కిరణాలవల్లనూ, మూడవది అచ్చుపు ఊదాకిరణాలవల్లనూ ఏర్పడుతూంది: ఈ హేతువును వెలుగులూ నీడలూ ఒక్కొక్క ఫోటోగ్రాపులో ఒక్కొక్క విధంగా వున్నాయి. ఒక్కొక్క లాంతరు స్లైడును యే యే రంగువడపోత సాధనాన్ని ఉపయోగించి తీశారో, ఆ రంగునే ఆ స్లైడుకి వేస్తారు. ఇప్పుడు మూడు మ్యాజిక్‌లాంతర్లను ఒకే తెరమీద కేంద్రీకరించి, అప్పుడు ఆ లాంతర్లల్లో వేర్వేరు స్లైడ్లను పెట్టినట్టయితే, తెరమీద ఏర్పడిన బొమ్మ దాని సహజమైన రంగులతో కనబడుతుంది. మూడు రంగులూ కడమ అన్ని రంగులనీ ఉత్పత్తిచేస్తాయి. ఉదాహరణకు, వస్తువుయొక్క ఫలానా భాగం తెల్లగా వున్నట్టయితే, ఈ భాగపు కిరణాలు మూడు వడపోత సాధనాలద్వారా కెమేరాలోకి ప్రవేశించుతాయి. దీని ఫలితంగా, మూడు రంగులూ కలిసి బొమ్మ ఏర్పడినప్పుడు, ఎరుపూ, ఆకుపచ్చరంగూ, ఊదా, యీ మూడు ఒకదానిమీద ఒకటిపడి, మిళితమయిపోయి, తెరమీద వున్న ఆ భాగం తెల్లగా వున్నట్టు కంటికి తెలుపురంగు అనుభూతిని కలిగించుతుంది. వస్తువుయొక్క కొంతభాగం పసుపురంగులో వుంటే, ఈ ప్రాంతంనుండి వచ్చిన కిరణాలు ఎరుపు, ఆకుపచ్చని అద్దాలలోనుండి ప్రసరించుతాయి, కాని ఊదా అద్దంలోంచి ప్రసరించదు. తత్ఫలితంగా ఊదా స్లైడుమీద ఈ భాగంలో నల్లనిమచ్చ ఏర్పడి వుంటుంది; అందుచేత దీనిలోనుండి వెల్తురు ప్రసరించదు. మొత్తంగా ఎరుపు ఆకుపచ్చరంగులే తెరమీదపడి కంటికి పసుప్పచ్చ అనుభూతిని, ఈవిధంగానే కడమ రంగుల అనుభూతులనూ, కలిగించుతూంటాయి. ఆధునిక వివిధ వర్ణముల ఫోటోగ్రాపు విధానం పైనవివరించిన దానికంటె ఎంతో క్లిష్టంగా వుంటుంది. అయినా, ''సంకలన పద్ధతులు'' అనే విధానాలన్నింటిలోనూ ఈ సూత్రమే అనుసరింపబడుతూంది.*

---

* వివిధవర్ణముల ఫోటోగ్రాఫీవలన అనుభూతి ఒక్క ''పగటిపూట'' కంటికే వర్తించుతుంది. మసకగా వున్న వెల్తురులో, మాటకి, వెన్నెలలో వస్తువులయొక్క రంగులు మనకి

స్థూలంగా చెప్పాలంటే, మూడు సరళవర్ణాలను వేర్వేరు పాళ్లలో కలిపితే వర్ణమాల లోని ఏ రంగైనా సరే ఉత్పత్తి అవుతుంది. అయితే, ఈ మూడు రంగులనే మిళితంచేసి నప్పుడు వర్ణమాలలో లేని రంగులు కూడా, తెలుపు ధూమ్రము లాంటి రంగులు కూడా, ఉత్పత్తి కాగలవు. మాటవరుసకి, ఎరుపులాంటి ఒక సరళవర్ణాన్ని తెలుపు రంగునూ మిళితంచేసిన యెడల, ఎరుపురంగు మారకుండా ఎరుపురంగులాగే వుండిపోతుంది; కాని ఎరుపురంగు అంత కంతకు విలీనమయిపోతుంది, అనగా గాఢత తగ్గిపోతుంది; దాని సంతృప్తత క్షీణించుతుంది. తత్ఫలితంగా, ఒక్క సరళమైన ఎరుపువర్ణంనుండి, స్వచ్ఛమైన ఎరుపు మొదలుకొని తెలుపువరకూ, అనేక రకములైన ఎరుపు రంగులను మనం తయారుచేయవచ్చును. స్థూలంగా చెప్పాలంటే, కన్ను ప్రతీ వర్ణాన్నీ, దీప్తి, వర్ణము, సంతృప్తత, అనే మూడు లక్షణా లలో గ్రహిస్తుంది. ఈ విధంగా, దృశ్యవర్ణమాలలో కనబడే వర్ణములకంటె, ఎన్నో రెట్లు అధికసంఖ్యలో వున్న వర్ణవైవిధ్యాలను కన్ను గ్రహించగలుగుతూంది. ఈ దృష్ట్యా, కాంతి వర్ణమాలా విశ్లేషణ పరికరంగానే గనుక మనం కంటిని పరిగణించినట్టయితే, కన్ను చాలా నాశిరకమైన పరికరమనే చెప్పవలసివస్తుంది.

యుద్ధాల్లో ఫిరంగులూ, కందకాలూ, ఇంకా ఇతర వస్తువులూ శత్రువుల దృష్టిని ఆక ర్షించకుండా వుండేందుకని, వాటికి మట్టిరంగులు పూస్తారు. ఈ విధంగా మాయరంగులు పూసిన వస్తువునుండి వచ్చే కాంతి కిరణాల వర్ణమాలా సంఘట్టనానికీ, నేలనుండి వచ్చే దానికీ చాలా వ్యత్యాసమే వున్నప్పటికీ, కన్ను మాత్రం సులువుగా మోసపోతుంది; ఈ మోసాన్ని స్పెక్ట్రాస్కోపు ఒక్కటే బయటపెట్టగలుగుతుంది. జంతుజాలంలో, ఈమాయరంగులు ధరించడం, అనగా తన పరిసరాలను అనుకరించేటట్టుగా వ్యక్తి మార్పుచెందడం, చాలా విస్తృ

పూర్తిగా వేరేవిధంగా కనబడుతాయి; గోచరత్వపు రేఖ వర్ణమాలలోని కురుచతరంగాల పరిధి దిశగా దిగిపోయే కారణంగానూ, సంధ్యాకాలంలో వర్ణ అనుభూతి ఇక కలుగకపోవడం కారణం గానూ, ఇలాగు జరుగుతుంది. ఉదాహరణకు: సౌరవర్ణమాలలోని శక్తిపంపకమూ చంద్రుని వెల్తురుయొక్క వర్ణమాలలోని శక్తిపంపకమూ ఇంచుమించు ఒక్కలాగే ఉన్నప్పటికీ కూడా, చంద్రుని కాంతి అదొకవిధమైన ఆకుపచ్చవి రంగును కలిగివున్నట్టు మనకి అగుపడుతుంది. మామూలు పద్ధతులనే అనుసరించుతూ, కనుపాప ఘననిష్పత్తి (హై ఎపర్చర్ రేష్యో) గల కెమేరాతో వెన్నెలలో ప్రకృతి దృశ్యంయొక్క ఫోటోగ్రాఫును తీసినట్టయితే, ఆ చిత్రం రాత్రి పూట ఆ దృశ్యం వాస్తవంగా మనకంటికి కనబడేటట్టు వుండకుండా, పూర్తిగా వేరువిధంగా వుండి, ఆ దృశ్యం పగటిపూట మనకంటికి ఏ విధంగా కనబడుతుందో సరిగ్గా ఆ విధంగా వుండే చిత్రమే బహుశా ఏర్పడుతుంది.

తంగా తటస్థిస్తూంటుంది; చాలా కీటకాల రంగు ఆకులనూ గడ్డినీ పోలివుంటుంది; నేల రంగుతో సరిపోయేటట్టు కుందేళ్ల బొచ్చు చలికాలంలో మంచులాగే తెల్లగానూ, వేసవిలో ధూసరపు రంగుగానూ మారుతూ వుంటుంది. ఈ విధంగానే అనేక జంతువులరంగు మారుతూ వుంటుంది. జంతువు ధరించిన మాయరంగూ పరిసరాల రంగూ దృష్టికి సమానంగా వుండడమే కాకుండా, అనగా సమానంగా వున్నట్టు మన కంటికి అగుపడడమే కాకుండా, తరుచుగా వర్ణమాలా సంఘట్టనంలో కూడా సరిగ్గా సరిపడడం ప్రత్యేకంగా గమనార్హం. ఈ విధంగా సంపూర్ణమైన రక్షణను పొందడం చూస్తే, కొన్ని జంతువులయొక్క కళ్లు, ముఖ్యంగా తమ శత్రువుల కంటినుండి తప్పించుకోవడానికి మాయరంగులు ధరించిన జంతువులకు శత్రువులైన జంతువులయొక్క కళ్లు, మనిషికంటె హెచ్చు సూక్ష్మములైనవేమో అని అనుమానం కలుగుతుంది.

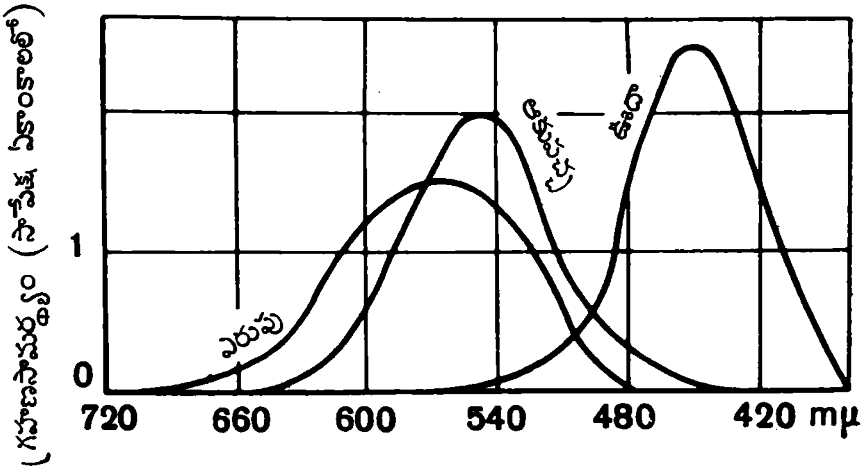
కాంతివిశ్లేషణలో స్పెక్ట్రాస్కోపుతో పోల్చిచూస్తే కన్ను చాలా హీనంగా వుండడం మనకి సులభంగానే అర్థమవుతుంది. కాంతిని, దాని ఘటికములైన సరళకిరణాలకింద ప్రాదేశికంగా విడదీయడానికి గాను, అందుకు అనువైన పట్టకాలనీ తదితర ఉపకరణాలనీ వినియోగించడంవల్లనే, క్లిష్టమైన కాంతిని సరళమైన కాంతికింద భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు విశ్లేషింపగలుగుతున్నాడు.* వర్ణమాలలోని వివిధ పదార్థాలను వాడుకచేసి వాటి ప్రక్రియవల్ల కిరణాలను ప్రాదేశికంగా వేరుచేయక పోయినట్టయితే, కాంతియొక్క వర్ణమాలా సంఘట్టనను అతిస్థూల ప్రాయంగా మాత్రమే అంచనా కట్టగలుగుతాం. ఉదాహరణకు, ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లమీద ఎరుపు కిరణాలు అతి బలహీనంగా మాత్రమే పని చేయగలుగుతూండగా, నీలంకిరణాలు మంచి బలంగా పని చేయగలుగుతాయి. ప్రతీ సరళ వర్ణమున్నూ, దాని శక్తివల్ల జనితమైన ప్రక్రియతో సంబంధంలేకుండానే, కిరణాలు ఒక దానినుండి ఒకటి ప్రాదేశికంగా విశ్లేషింపబడక పోయినప్పటికీ కూడా, తనకు విశిష్టమైన ప్రకియను కంటిమీద ఏ విధంగా కనబరు

---

*సామాన్య రకం స్పెక్ట్రాస్కోపును ఈ క్రింది విధంగా తయారు చేయవచ్చును. అతి హ్రస్వ తరంగదైర్ఘ్య పరిమితులలో వున్న కాంతిని మాత్రమే విశ్లేషించి, కడమ కాంతితరంగాలను విచూషణ చేయగలిగే ఇంద్రధనస్సు వర్ణాలను తెల్లకాగితంమీద రంగులతో చిత్రించాలి. ఈలాంటి రంగులను తయారుచేయడం చాలా కష్టమే. ఈ విధంగా చిత్రించిన ఇంద్రధనస్సు పట్టీని, ఉదాహరణకు, పాదరసపు దీపంతో ప్రకాశింపజేసినట్టయితే, పాదరసపు వర్ణమాల యొక్క బింబం కాగితంమీద ఏర్పడుతుంది. చిత్రించిన పట్టీలోని పసుప్పచ్చ ప్రాంతంవల్ల మాత్రమే పాదరసంయొక్క పసుప్పచ్చరేఖ విశ్లేషింపబడుతూంది; ఆకుపచ్చ ప్రాంతంవల్ల మాత్రమే ఆకుపచ్చరేఖ విశ్లేషింపబడుతూంది; నీలం ప్రాంతంవల్ల మాత్రమే నీలంరేఖ

స్తూందో, ఆ విషయాన్ని మనం పరిశీలించుతే నిజంగా ఎంతో ఆశ్చర్యం వేస్తుంది. మనం కృత్రిమంగా తయారుచేసే ఉపకరణాలలో, వర్ణమాల అవిచ్ఛిన్నంగా వున్న సందర్భాల్లో, వివిధ వర్ణములుగల కిరణాలను ఒక దానితో ఒకటి శక్తిదృష్ట్యా సమానంచేసినట్టయితే, ఒక వర్ణంగల కిరణంయొక్క ప్రక్రియతో మరొక వర్ణంగల కిరణంయొక్క ప్రక్రియను సరిసమానం చేయవచ్చును. ఈ విధానమే, కంటి అక్షిపటలంలో ఇంత పరాకాష్ఠతను చెందిన స్థాయిలో ఏ విధంగా జరుగుతూందో మనకి ఇంతవరకూ ఇదమిద్ధంగా అర్థంకావడం లేదు. కంటి అక్షిపటలంలో కాంతి గ్రహణసామర్థ్యాన్ని గలిగిన వివిధములైన మూడు మూలపదార్థాలున్నాయనీ, ప్రతీ పదార్థమూ దానికి విశిష్టమైన విశాల ఉత్తేజిత పరిధులను కలిగి వుంటూందని (56 వ పటం) మనం ఊహించుతున్నాం. ఉదాహరణకు, ఎరుపురంగు వెల్తురు కంటిమీద పడిందని అనుకుందాం. ఈ పరిస్థితిలో మూడు మూలపదార్థాలూ కూడా, వాటి వాటి ఎరుపు కాంతిగ్రహణ సామర్థ్యం వేరువేరు స్థాయిల్లో వున్నప్పటికీ, ఎరుపు కాంతిని విచూషింపగలుగుతున్నాయి కాబట్టి, ఈ ప్రక్రియలో పాల్గొంటున్నాయి. ఈ వ్యత్యాసాన్ని కన్ను గుర్తించగలుగుతూ, దానితోపాటుగా ఎరుపురంగు అనుభూతిని కూడా పొందుతోంది. ఆకుపచ్చరంగు కూడా కంటిలో వున్న మూడు పదార్థాలనీ ఉత్తేజితపరుస్తూంది; అయితే ఈ ఉత్తేజిత నిష్పత్తులకీ ఎరుపురంగు వగైరాల నిష్పత్తులకీ వ్యత్యాసం వుంది. ఈ విధంగా మిగిలిన అన్ని రంగుల విషయంలోనూ జరుగుతుంది. మూడు పదార్థాలలోనూ మొత్తంగా కలిగిన ఉత్తేజిత అనుభూతి, పతనకిరణంయొక్క దీప్తితో అనుగుణ్యంగా వుంటుంది; మూడు పదార్థాలయొక్క సాపేక్ష ఉత్తేజం వర్ణానుభూతిని కలిగించుతుంది. ఒక మూలపదార్థమే వున్నట్టయితే, సాపేక్ష ఉత్తేజితం అంటూ ఉండడానికే అవకాశం లేదు; తత్ఫలితంగా, వెనకటిలాగే దీప్తి ముద్ర స్థిరంగా ఏర్పడినా, వర్ణ అనుభూతి మాత్రం కలుగదు. ఈ భావనను ఆధారంగా చేసుకొని, మూడు రంగులను కలిపి మనకిష్టంవచ్చిన రంగును ఉత్పత్తి చేయగలిగే

విశ్లేషింపబడుతూంది. ఈ విధంగానే మిగతా ప్రాంతాల్లో కూడా వుంటూ, పాదరసపు కాంతి పాదరసపు వర్ణమాలక్రింద విశ్లేషింపబడుతూంది. ఈ విధంగా తయారుచేయబడిన స్పెక్ట్రాస్కోపు సహజంగా అతిస్థూలమైన ఫలితాలనే ఇవ్వగలుగుతుంది. కాని దీని సుగుణమేమిటంటే, దీనిలో చీలికలుగాని పట్టకాలుగాని వాడుకచేయ నవసరంలేదు. వివిధ వర్ణాలతో చిత్రించిన ఇంద్రధనస్సు వర్ణమాల బదులు, రంగురంగుల ఫిల్మతునకలతో తయారుచేసిన వర్ణమాలను సహజంగానే వాడుకచేయవచ్చును. ఎటువంటి కాంతి ఉత్పత్తి స్థానంనుండేనాసరే ప్రసారితమయే కాంతిని, ఈ రంగురంగుల ఫిల్మతునకలతో తయారుచేసిన వర్ణమాలగుండా, పయనం చేయనిచ్చినయెడల, స్థూలమైన వర్ణమాలాపటం తెరమీద పడుతుంది.



56 వ పటం. త్రివిధములైన "మౌలిక ఉత్తేజితములను" ప్రదర్శించే గ్రాఫు.

అవకాశాన్నీ, ఎరుపునుండి ఆకుపచ్చని నిర్ణయించలేని దృష్టిలోపము (డాల్టనిజమ్, వగైరా) వర్ణనిర్ణయాశక్తత వ్యాధులను — అనగా వర్ణమాలలో కొన్ని ప్రాంతాల వర్ణాల క్రియలకు కన్ను ప్రక్రియ జరపలేని అశక్తతాస్థితివలన కలిగే జబ్బులను — మనం సులభంగా వివరించ గలుగుతున్నాం. శరీరనిర్మాణశాస్త్రంలో మాత్రం ఈ సిద్ధాంతానికి సంపూర్ణంగా దోష రహితమైన నిర్ధారణ ఇంకా దొరకలేదనే చెప్పాలి.

వర్ణ అనుభూతి కలగడంవల్ల చాకుషజ్ఞానంయొక్క విలువ మరింత హెచ్చు అవుతూంది. వర్ణజ్ఞానం వుండడంవల్ల ఒక వస్తువునుండి ఒక వస్తువును మరింత త్వరితంగా మనం పోల్చు కోగలుగుతాం; కాగా ఈ గుర్తుపట్టడం కూడా నవీన పద్ధతులలో జరుగుతూంది. మాట వరుసకి, వర్ణజ్ఞానం లేదనీ, మామూలుగా మన ఫోటోగ్రాఫులలో ఒక వస్తువునుండి ఒక వస్తువును ఏలాగైతే పోల్చుకుంటున్నామో అలాగే విశ్లేషితమైన కాంతి పరిమాణాన్నిబట్టే గుర్తుపట్ట వలసి వుంటుందనీ అనుకొందాం. ఈ పరిస్థితుల్లో, దీప్తిమాపకశాస్త్రదృష్ట్యా సమానదీప్తిని కలిగిన ఉపరితలాలని, ఉదాహరణకు అందులో ఒకటి పసుప్పచ్చగానూ ఒకటి ఆకుపచ్చగానూ ఉన్నప్పటికీ, అవి రెండూ మనకి ఎట్టి వ్యత్యాసమూ లేకుండా, ఒక్కలాగే కనబడుతూ, ఫలితంగా వివరాలు అట్టే కనబడకుండా ప్రపంచం అంతా ఒకే ఒక రీతిని వున్నట్టు మనకి కనబడుతూండవలసిందే. అంతేకాకుండా, రంగు వ్యత్యాసం మనకి వెంటనే తెలిసినప్పటికీ, దీప్తిలో వుండే వ్యత్యాసాన్ని మాత్రం (అందులోనూ వస్తువులు ఒకదానినుండి ఒకటి మరీ దూరంలో వున్న పక్షంలో) ప్రత్యక్షంగా కొలిచి గుణాత్మకంగా నిర్ధారణచేసుకొంటేనే తప్ప మనకి తెలిసేదే కాదు. వర్ణజ్ఞానంవల్ల మనకి కలిగే కేవల సౌందర్యానుభూతిని గురించి ఇక చెప్పనే అవసరం లేదు.

వర్ణజ్ఞానంవలన మనకి కలిగే మహత్తరములైన ప్రయోజనాల దృష్ట్యా అసలు దాని స్వభావంవల్లనే ఎట్టి సంబంధమూ వుండడానికి వీలు లేదేమోననే సందేహాన్ని కలిగించిన తావులలోకి కూడా, అనగా, అదృశ్యములుగా వున్న అతినీలలోహిత, పరశ్శోణకిరణాలవలన ప్రకాశ వంతంగా చేయబడిన వస్తువులను అధ్యయనం చేయడంద్వారా వర్ణభావాన్ని అన్వయించడం, అత్యంత లాభకరంగా వున్నట్టు ధృడపడుతూంది. అయినప్పటికీ సూక్ష్మదర్శనిశాస్త్రక్షేత్రంలో (మైక్రాస్కోపీ) ఇ. ఎమ్. బ్రుమ్బెర్గ్ నిరూపించినట్టు, ఇది సాధ్యమేనని మనకిప్పుడు తెలుస్తూంది.

ఏదేనా ఒక ప్రత్యేకమైన మైక్రాస్కోపు స్లైడు అతినీలలోహిత కాంతిలో ఎలాగు కనబడుతుందో ఆ దృశ్యంయొక్క ఫోటోమైక్రోగ్రాపును (ఛాయాసూక్ష్మచిత్రాన్ని) తీయవలసి వుందని అనుకుందాం. మూడు వివిధ తరంగదైర్ఘ్యముగల అతినీలలోహిత కాంతులలో, చిత్రాలన్నీ ఒకే కొలతప్రమాణంలో వుండేటట్టే జాగ్రత్తతీసుకొంటూ, మూడు చిత్రాలు తీశామని అనుకుందాం. మూడు తరంగదైర్ఘ్యాలుగల కాంతులూ మూడు వేరువేరు విధాలుగా విమోషింపబడడంచేత, అతినీలలోహిత కాంతిలోనే మూడు చిత్రాలూ తీసిన ప్పటికీ కూడా మూడు విధాలుగా వుంటాయి. వివిధవర్ణాల ఫోటోగ్రాఫీలో అను సరించినట్టే (144 పుట), ఈ మూడు "నలుపు" చిత్రాలనూ, ఒకేసారి ఒకే తెరమీద ఒక చిత్రంమీద మరో చిత్రం సరిగ్గా పడేటట్టు, వివిధ వర్ణాలుగల వడపోత సాధనాలద్వారా, ఉదాహరణకు ఎరుపు, ఆకుపచ్చ, ఊదా, అద్దాలద్వారా ప్రదర్శించామను కొందాం. ఈ విధంగా అదృశ్యకాంతిలో తీసిన ఫోటోగ్రాఫు మనకి లభించుతూంది. ఇలా లభించే చిత్రం, కృత్రిమంగా లభించిన చిత్రమే అనడంలో సందేహం లేదు. వివిధవర్ణాలను గలిగిన ఫోటోగ్రాఫులు కావాలన్నయెడల వివిధవర్ణాల అద్దాలను ఉపయోగించవలసి వుంటుంది. మనకంటికి మామూలుగా కనబడకపోవడంవల్ల మన దృష్టికి అగుపడని ఆ వస్తువుయొక్క అనేక వివరాలను వెంటనే బహిర్గత పరుస్తూ, రసాయనిక విశ్లేషణలను జరపడానికీ, అదృశ్యకాంతిలో తీసిన రంగు ఫోటోగ్రాఫులు ప్రయోగాత్మకంగా అనేక విధాల ప్రయోజనాలను కలుగజేస్తున్నాయి.

ఒక్క సూక్ష్మదర్శనిశాస్త్రం (మైక్రాస్కోపీ) లోనే కాకుండా, అదృశ్యకాంతిలో తీసిన ఫోటోగ్రాఫీ విధానాన్ని అవలంబించే అన్ని శాస్త్రాల్లోనూ, ఈ విధానాన్ని ఉపయోగించవచ్చు. ఈ విధానాన్ని ఉపయోగించడంలో, ప్రకృతిలో అనాదిగా సంభవించుతూన్న అద్భుతమైన చాక్షుషజ్ఞానానుభూతి విధానాన్నే ప్రయోగకర్త అనుకరిస్తున్నాడు.

వివిధ విజ్ఞానశాస్త్రాల్లో కొంత తబ్బిబ్బుగానే మనం జరిపిన పర్యటన ఇంతటితో సమాప్తం అయింది. ముఖ్యంగా భౌతిక, ఖగోళ, జీవశాస్త్రాల సహాయంవల్లనే, కంటికీ సూర్యునికీ

నిస్సంశయంగా వున్న బంధుత్వంయొక్క యథార్థ స్వభావాన్ని తుదకు తెలుసుకోవడానికి మనకి వీలుకలిగింది.

ఫోటోగ్రాఫుకెమేరాకీ, చిత్రాన్ని ఏ వెలుగులోనైతే తీస్తున్నామో ఆ కాంతి ఉత్పత్తిస్థానానికీ వున్న సంబంధంలాంటిదే ఇంచుమించు కంటికీ సూర్యునికీ వున్న సంబంధం అని మనం చెప్పవచ్చు. కాంతివల్ల ప్రకాశితం చేయబడిన వస్తువుకే మనం సాధారణంగా ఫోటోగ్రాఫు తీస్తూంటాము కాని, కాంతి ఉత్పత్తిస్థానానికి ఫోటోగ్రాఫుతీయం అని వేరే చెప్పనక్కరలేదు. అయినప్పటికీ, కాంతి ఉత్పత్తిస్థానాన్నుండి వచ్చే కిరణాలను ఆ వస్తువు విశ్లేషించడం కారణంగానే మనం ఆ వస్తువును ఫోటోగ్రాఫు తీయగలుగుతున్నాం; ఆ హేతువును ఈ కిరణాలకు అనుగుణ్యంగానే మనం కెమేరాను నిర్మించాలి. ఈ కిరణాలను కెమేరా వస్తుకటకం పారప్రేషితం చేసి యథార్థమైన బింబాన్ని ఉత్పత్తిచేయాలి; వర్ణమాలలోని సరైన ప్రాంతంలోనుంచి వచ్చే కిరణాలను గ్రహించడంలో ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుకి తగినంత సామర్థ్యం వుండాలి, వెల్తురుయొక్క వివిధ పరిస్థితులకు కెమేరాను అనుగుణ్యంగా చేసేందుకు వీలుపడేటట్టి వితానాన్ని కెమేరా కలిగివుండాలి. సూర్యుడినే కాంతి ఉత్పత్తిస్థానంగా కలిగిన కంటికి ఈ లక్షణాలన్నీ కూడా వున్నాయి. సూర్యకిరణాలలో జీవికి ప్రమాదం కలుగజేయని కిరణాలనే స్ఫటికకటకం అక్షిపటలంపైన పారప్రేషితపరుస్తూ, సౌరతరంగదైర్ఘ్యాలలోనే చక్కని బింబాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. కంటియొక్క అక్షిపటలానికి మంచి కాంతి గ్రహణసామర్థ్యం వుంది; అయినప్పటికీ పగటిపూటయందుండే పరిస్థితులకు అనుకూలంగా వుండేందుకు ఈ గ్రహణసామర్థ్యం దానంతట అదే తగ్గుతూ, రాత్రిపూట తిరిగీ హెచ్చు అవుతుంది. ప్రకాశిత పరిస్థితులననుసరించి విస్తృతమైన పరిధులలో స్వయంచలితంగా తన వైశాల్యాన్ని మార్చుకొనగలిగే వితానం వుంది కంటికి. సౌరవర్ణమాలా శక్తిరేఖయొక్క గరిష్ఠతతో కంటియొక్క వర్ణమాలా సామర్థ్యం సరిగ్గా ఏకీభవిస్తూంది.*

భూమిమీద పడుతూన్న సౌరకాంతికి అనుకూలంగా కన్ను అలవాటుపడడంయొక్క ఫలితమే ఇదంతా.

సూర్యుని గురించి మనం తెలుసుకోలేకపోతే కంటిని కూడా మనం అర్థంచేసుకోలేం. అంతేకాకుండా, సూర్యునియొక్క లక్షణాలను మనం తెలుసుకొన్నట్టయితే, వీటిని ప్రాతిపదికగా చేసుకోవడంవల్ల, కంటియొక్కవిశిష్ట స్వభావాలు మనకి ముందుగా తెలియకపోయినప్పటికీ, సిద్ధాంతరీత్యా వాటిని మనం విపులంగా గ్రహించగలుగుతాం.

అందుచేతే, కవి చెప్పినట్టు, ''సూర్యునిపోలినదే మన కన్ను.''

---

* 136 పుటలోని పాదవివరణను చూడుము. — సంపాదకుడు.

పాఠకులకు మనవి

ఈ పుస్తకాన్ని గురించిగాని, దీని పేర్పాకూర్పా గురించిగాని మా భావిప్రచురణలయల సహాయర్థం మీ అభిప్రాయాలను సలహాలను మాకు పంప ప్రార్థన.

మా చిరునామా:

Progress Publishers

21, Zubovsky Boulevard,

Moscow, USSR.